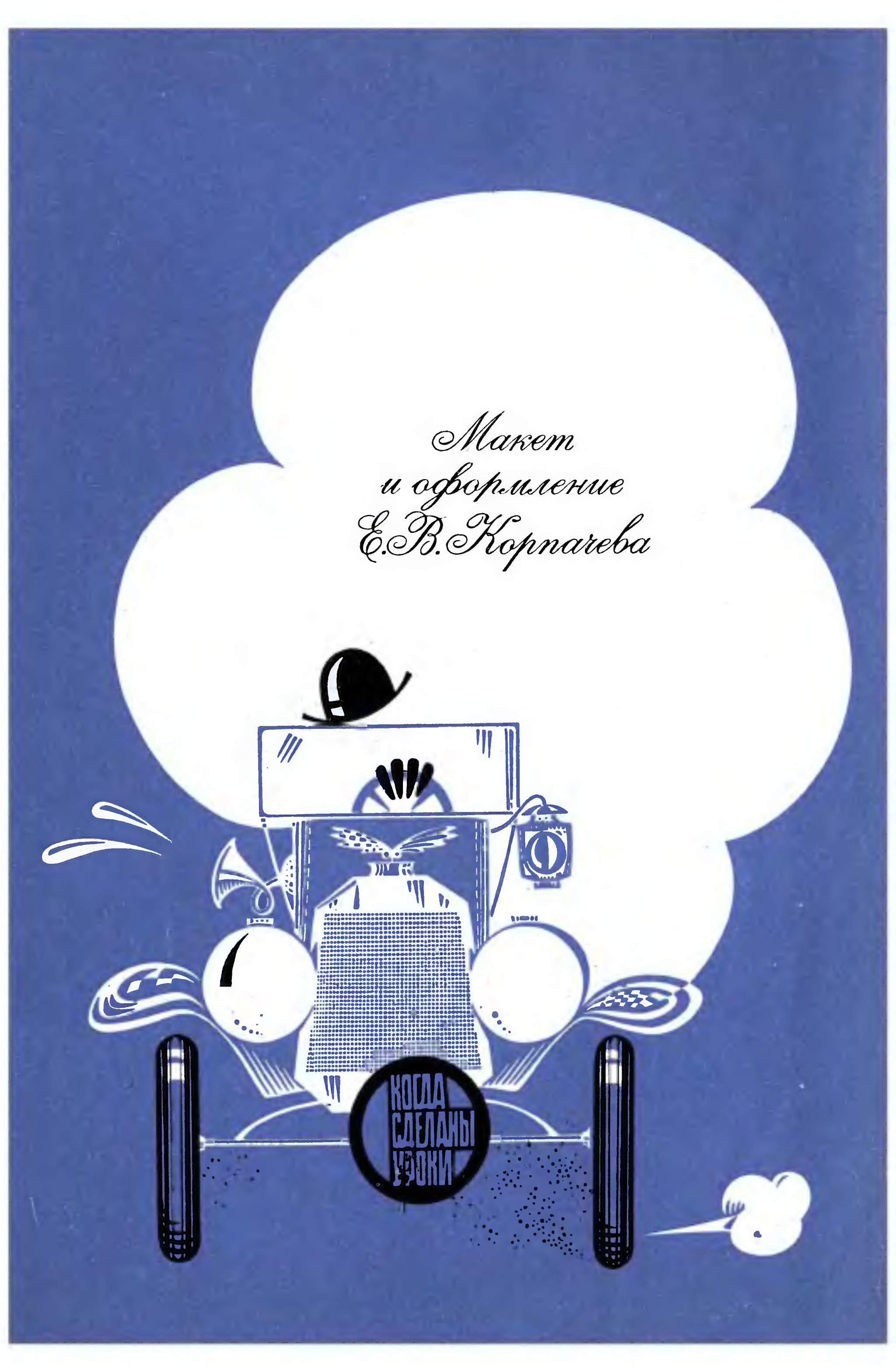


И.И. ГАРМАШ








Макет
и оформление
Е.В.Корпачева
КОГДА
СДЕЛАНЫ
УРОКИ



КИЕВ «РАДЯНСЬКА ШКОЛА» 1980

ББК 32.816
6Ф0.1
Г20

Рукопись рецензировали сотрудники Киевского института автоматики имени XXV съезда КПСС *Ю. Н. Ронжин, В. И. Приходенко.*

Гармаш И. И.

Г20 В мир роботов.— К.: Рад. школа, 1980.— 127 с., ил.— (Сер. «Когда сделаны уроки»).

В пер.: 40 к. 76 000 экз.

В книге рассказывается о том, как осуществилась мечта человека о создании механического помощника. Сойдя со страниц научно-фантастических книг, робот приобрел руки и ноги, подобия чувства и разума. Описаны промышленные роботы, роботы-космонавты и многие другие. Содержатся рисунки с описаниями, по которым можно построить простейшие роботы. Рассчитана на учащихся старших классов средней школы и техникумов, а также на читателей, интересующихся вопросами робототехники.

Держ. респ. б-ка
УРСР ім. КПРЄ

ББК 32.816
6Ф0.1

Г $\frac{70803-395}{М210(04)-80}$ 343—80 4802020000



ОТ АВТОРА

Научно-техническим прогрессом рожден робот — машинный автоматизированный агрегат, способный совершать человекоподобные движения, по-своему воспринимать окружающую среду, управлять собой, работать рядом с человеком.

Роботы трудятся у станков, в лабораториях ученых, на морском дне, в космосе.

Трудолюбивые механические помощники помогают повысить производительность труда, освобождают человека от неквалифицированной, тяжелой и монотонной работы, способствуют переходу к комплексной механизации и автоматизации производства и созданию заводов-автоматов.

«Основными направлениями развития народного хозяйства СССР на 1976—1980 годы», принятыми XXV съездом КПСС, предусмотрено «организовать серийное производство автоматических манипуляторов с программным управлением, позволяющих

механизировать и автоматизировать тяжелые физические и монотонные работы» [1].

Многие производственные коллективы, конструкторские бюро, научно-исследовательские институты, высшие учебные заведения, выполняя намеченные планы, занимаются разработкой роботов. Уже созданы десятки типов, а работают тысячи неутомимых помощников человека. Их стало настолько много, что они образовали свой мир. В этом мире трудятся «младшие» и «старшие» роботы разных профессий. У них свой язык общения, свой характер и законы существования.

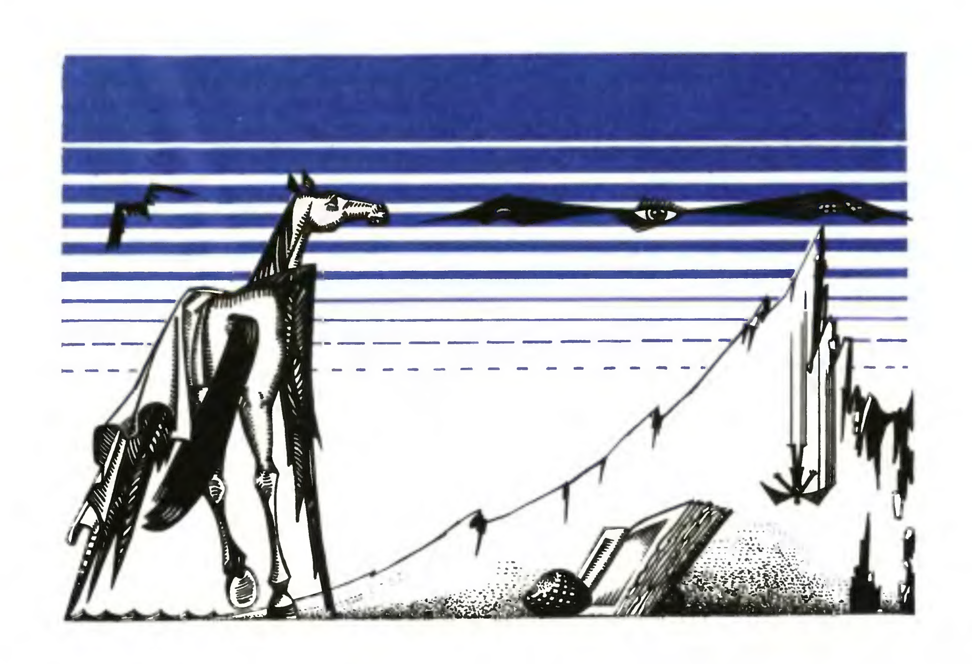
Итак, вам предстоит экскурсия в интересный и удивительный мир роботов, в его прошлое, настоящее и будущее.

Создание интеллектуальных роботов стимулирует развитие науки и техники, а прогресс в науке и технике создает возможность пополнять мир «машинной цивилизации» более совершенными и «разумными» роботами. Совершенствование механических помощников человека зависит от развития и успехов науки и техники, в первую очередь, от вычислительной техники и механики, теории управления, бионики и многих других.

---

* Материалы XXV съезда КПСС. К., Политиздат Украины, с. 188.





ИСТОКИ РОБОТОТЕХНИКИ

ВНАЧАЛЕ РОДИЛСЯ В МЕЧТАХ

Развитие робототехники связано с историей человеческого общества, с развитием науки и техники. Начало робототехники, ее истоки лежат в глубокой древности. Люди уже тогда мечтали о победе над природой, о «ковре-самолете», о «сапогах-скороходах», о «скатерти-самобранке» и других «умных» вещах, помощниках в их трудной жизни. Фантазия всегда помогала человеку жить и работать, освещая путь творчеству.

Сначала человек создавал занимательные игрушки (еще до нашей эры). Самодвижущиеся игрушки были способны самостоятельно совершать движения лапами, крыльями, головой, подражая живым львам, птицам, собакам.

В мечтах людей возник образ механического человекоподобного помощника. Сначала человек воплотил свою мечту в кукле. Если вначале она «умела» только двигать руками, то потом «научилась» поворачивать голову.



История сохранила скупые сведения о роботах. Оглянувшись назад, в прошлое человечества, мы совершим с вами краткий исторический экскурс и по отдельным рассказам представим себе пути развития робототехники, возникновение мира роботов.

«ЖЕЛЕЗНЫЙ СЛУГА»

Около 2200 лет тому назад Египтом правил Птолемей Филадельфийский — военачальник знаменитого Александра Македонского. В городе-порту Александрии стоял его дворец. Встречал гостей во дворце «железный слуга». У него были голова, руки, ноги, да и ростом он быя такой же, как человек. Весь из металла, одет, как средневековый рыцарь. Он кланялся гостям, сопровождал их, когда они проходили по многочисленным дворцовым комнатам фараона, открывал перед ними двери. Источником движения туловища служил груз, который опускался внутри его. Механические передачи обеспечивали подвижность рук и ног.

К сожалению, до нас не дошли подробности устройства «железного слуги» и имя умельца, его изготовившего. Но, бесспорно, создатель его талантлив.

«МЕХАНИЧЕСКИЙ ЧЕЛОВЕК»

Альберт Великий, немецкий ученый XIII в., изобрел «механического человека», выполнявшего обязанности слуги. На создание и усовершенствование детища ушло около 30 лет.

«Механический человек» умел кланяться, открывать двери, выполнял и другие поручения хозяина и даже произносил несколько приветственных слов. У него был настолько человекоподобный внешний вид, что однажды

его приняли за «нечистую силу». «Механический человек», по преданию, погиб от рук испугавшегося горожанина.

АВТОМАТИЧЕСКИЕ ФИГУРКИ КУЛИБИНА



В средние века умельцы создавали игрушки: самодвижущиеся солдаты-трубачи, танцующие куклы, скачущие лошади, бегающие мухи и многие другие. Ноги, руки, головы игрушек имитировали движения человека и животных.

Поистине чудом того времени были кулибинские часы. Талантливый самоучка Иван Петрович Кулибин изобрел часы, которые через каждые 15 мин издавали мелодию. Каждые полчаса открывались дверцы и появлялись механические фигурки. Они разыгрывали сценки.

Занимательные игрушки создавались талантливыми умельцами в разных странах. «Механические люди» удивляли, забавляли, развлекали. И только.

АНДРОИДЫ



В XVIII в. на выставках в Мадриде и Париже посетителям показывали самодвижущихся кукол. Особый интерес у зрителей вызывал писец. Он опускал гусиное перо в чернильницу и, отряхнув его два раза, после небольшого перерыва начинал писать буквы. Исписав страницу, ставил точку. Письмо заканчивалось словами: «Своему родному городу. Жаке Дро».

Интересно, что писец мог двигать не только рукой, но и головой, глазами. Всеми движениями писца управляло устройство из набора кулачков на валах. Руку писца приводил в движение пружинный двигатель через систему зубчатых передач. Писец умел писать определенные слова: его движения



были запрограммированы. Умения писать другие слова он мог приобрести после изменения программы, т. е. замены кулачков с иной конфигурацией. От профиля кулачков зависела форма буквы, ее высота и толщина, а также расстояние между буквами.

Художник рисовал пейзажи. Движением руки управляло программное устройство кулачкового типа. Источником движения был часовой двигатель.

Музыкантша играла на органном клавесине. Двигала пальцами, руками, головой, водила глазами и даже дышала. После исполнения мелодии раскланивалась. Секрет был спрятан под клавесином и сиденьем исполнительницы. Меха, вдувающие воздух в флейты, кривошипно-шатунный механизм, управляющий движением меха, набор кулачков и барабан со штифтами и составили «организм» занимательной игрушки.

Изобрели и изготовили самодвижущихся кукол талантливые швейцарские часовщики Пьер-Жак Дро и его сын Анри Дро. С тех пор таких кукол стали называть андроидами в честь семьи Дро.

Трагическая судьба постигла изобретателя андроидов. Святейшая инквизиция арестовала Анри Дро в Мадриде и, обвинив в колдовстве, посадила в тюрьму.

ХРАМ ОЧАРОВАНИЙ

Около 200 лет тому назад в Петербурге на Невском проспекте был открыт «храм очарований, или механический, физический и оптический кабинет». Хозяин «храма» собрал в нем лучшие работы народных умельцев, часовщиков того времени. При входе гостей встречал «механический человек». Он будто бы парил в воздухе и играл на валторне.

Удивление вызывали лающая автоматическая собака, петух, который хлопал крыльями, и, как настоящий, вскакивал на перекладину. Кошка мяукала, змея шипела... Механические слуги обслуживали посетителей. Слуга-автомат разносил на подносе напитки.

УДИВИТЕЛЬНЫЙ ПРОХОЖИЙ

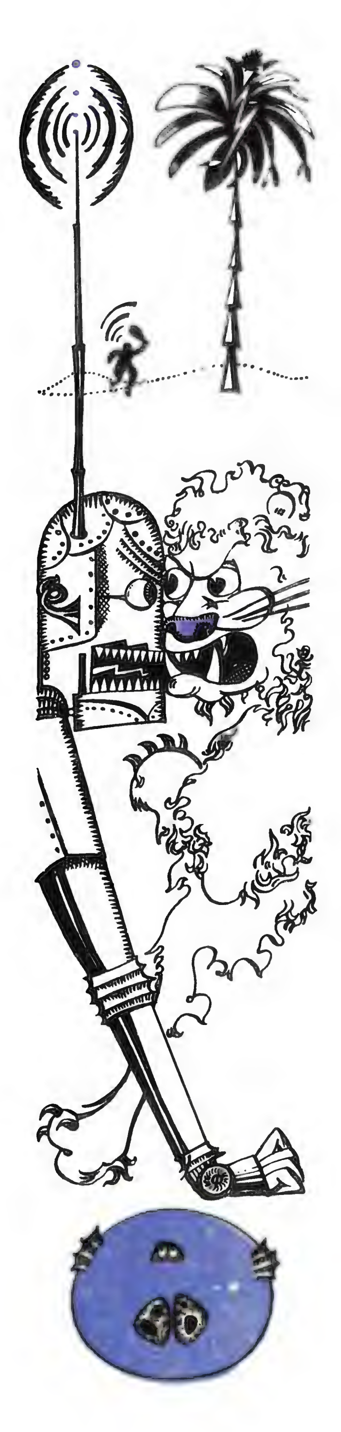
В конце XIX в. на улицах одного южноамериканского городка можно было видеть удивительного прохожего. Сосредоточенный, деловой, с сигарой в зубах, он молчаливо и ритмично шагал по мостовой. Движения размеренные, точные, но без той неритмичности и гибкости, которые свойственны движению человека. Прохожий представлял собой металлическую конструкцию человекоподобной формы. Окаменевшее лицо не выражало никаких чувств, из сигары валил не дым, а пар. Андроид с паровым двигателем внутри шагал втрое быстрее обычного пешехода. Но он не долго удивлял горожан. «Механический человек» только забавлял, а от него требовали большего. Вскоре андроид вместе со своими собратьями — «механическими людьми» — перебрался в музей.

Задумался человек: как заставить «механического человека» выполнять полезную работу? И кое-что придумал...

«МИСТЕР ТЕЛЕВОКС» — «ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЧЕЛОВЕК»

Начало XX века. Нью-Йорк. Подвал небоскреба. Находящийся здесь дежурный обязан был обеспечивать снабжение водой водопроводную систему многоэтажного здания: следить за уровнем воды в баках, включать и выключать насосы, принимать команды и отвечать по телефону на вопросы о состоянии работы системы.





У дежурного квадратное лицо, да и сам он какой-то квадратный, на месте глаз — прямоугольники, вместо носа — дамская шпилька. Дежурный — «электрический человек», «мистер телевокс»,— так назвал его изобретатель, американский инженер Венсли. «Теле» — в переводе с греческого означает «далекий», а «вокс» — латинское слово, в переводе означает «голос». Это название раскрывает одну из способностей «электрического человека» — подчиняться голосу на расстоянии.

«Телевокс» слышит и исполняет приказы по звуку свистка: включает и выключает вентилятор, освещение, пылесос, а также открывает и закрывает двери. Он представляет собой автоматическую телефонную станцию, в которой в качестве абонентов присоединено несколько электромоторов, производящих все действия.

Создание роботов и их усовершенствование тесно связано с прогрессом науки и техники.

Устройство с опусканием груза (источник движения у «механического человека») после изобретения часов было заменено пружинным двигателем. С появлением паровой машины ее пытались приспособить для передвижения «механического человека». С изобретением электродвигателя «механический человек» стал «электрическим».

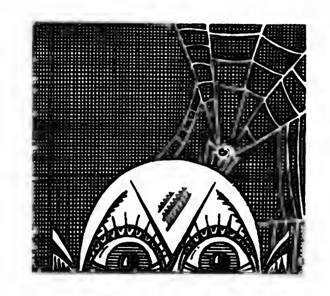
РОБОТ ПРИШЕЛ ИЗ ПЬЕСЫ

В 1920 г. чешский писатель Карел Чапек написал пьесу «RUR» *. В ней рассказывалось о том, что инженер Росс изобрел машину, которая совершала человекоподобные движения, выполняла работы те же, что и человек,

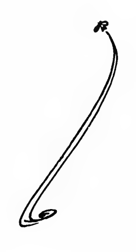
---

* «RUR» — Rossum's Universal Robots — россумские универсальные роботы.

обладала мгновенной реакцией. Изобретатель назвал искусственное человекоподобное устройство роботом. Слово робот по-чешски обозначает работа.



Капиталистам понравилось изобретение инженера Росса. Тем более, что человекоподобные машины без страстей и души, неутомимые работники, не требуют улучшения условий труда и повышения зарплаты. С ними спокойно. Да и питание им не требуется. Они были без вкусовых ощущений и боязни смерти, но наделенные чувством боли как средством автоматической защиты от увечья.



Началось массовое производство роботов. Ими стали заменять людей на фабриках и заводах. Работая, они совершенствовались и вскоре вышли из подчинения людей...

Пьеса имела успех.

С тех пор словом робот стали называть всякое механическое устройство, способное совершать человекоподобные движения и работать по заданию человека.

В наши дни робот сошел со страниц пьесы Карела Чапека и фантастической литературы, шагнул в реальный мир и получил материальное воплощение в машинном автоматизированном агрегате.



РОБОТ-МАНЕКЕН

30-е годы нашего столетия — период конструирования, изготовления и применения рекламных роботов. Их задача — привлечь внимание покупателей, посетителей выставок и зрелищ. Вот несколько примеров.

В Германии робот-манекен демонстрировал в магазине модели новых костюмов, рекламировал имеющиеся в продаже и вновь поступившие товары, сообщал о них краткие сведения и цены. Движение губ было синхронно



связано со звуками, исходящими из громкоговорителя, расположенного внутри робота. Поражала необычайная подвижность лица: губ, глаз, ушей. Управляемый по радио, он мог двигать руками, показывая указкой товары.

«ЭРИК» И «АЛЬФА»

Так назвали рекламных роботов англичане. «Эрик» выполнял поручения одной из английских газет, он умел вставать со скамьи, поднимать руки и разговаривать. Речь его была записана на пластинку, которая проигрывалась на спрятанном внутри патефоне. Когда он разговаривал, глаза светились желтым, а рот зеленым цветом. «Эрик» не только произносил речь, но и отвечал на вопросы о времени суток и дате. Конечно, круг вопросов, на которые мог ответить робот, был ограничен.

«Альфа» имел цилиндрической формы голову, вместо глаз — очки, вместо ушей — микрофон. Он выполнял команды, поданные голосом, вставал и садился, поднимал и опускал руку, двигал пальцами рук, был отличным стрелком: с расстояния двадцати метров стрелял без промаха. Когда произносил речь, мог менять интонацию голоса.

РОБОТ-ЛЕКТОР

1 июня 1933 г. в Чикаго была открыта выставка достижений науки и техники американцев за 100 лет.

В отделе медицины робот демонстрировал процесс прохождения пищи в организме человека. Он обнажал грудь и живот, и через стекло были видны пищевод, желудок, почки, печень и кишечник. Робот пальцем показывал путь прохождения проглоченной пищи.

С годами роботы приобретали новые способности, улучшались их конструкции. Однако они были далеки от совершенства.

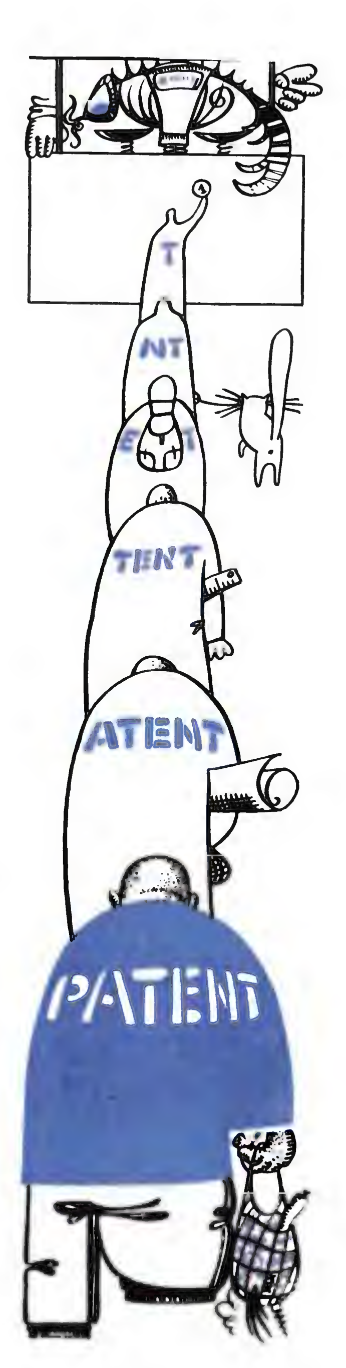
ПЕРВЫЙ ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ РОБОТ

Первый отечественный робот создал не ученый, не инженер и не рабочий-рационализатор, а ... юный изобретатель, любознательный и увлекающийся техникой школьник в середине 30-х годов.

Вадим Мацкевич, будучи в III классе, сконструировал механические модели: кинопроекционный аппарат и радиоуправляемые корабли. А броневик, управляемый по радио, стрелял из пушки, строчил из пулемета и выпускал дымовую завесу.

В 1936 г. В. Мацкевич изготовил первый отечественный робот, который по радио выполнял 10 команд: двигался вперед и назад, поворачивался, реагировал на свет, двигаясь ему навстречу, мог даже стрелять из пистолета.

Робота отправили в Париж на Всемирную выставку. В 1936 г. 16-летнему Вадиму Мацкевичу был выдан Диплом Всемирной выставки в Париже.



РОБОТ-РЫБОЛОВ

В Москве, в 1937 г. с витрины рыбного магазина на улице Горького неслась веселая задорная песенка, которая заканчивалась словами: «Лучшего блюда, чем рыбных котлет, на свете не было и нет!»

Пел песню робот-рыболов. Туловище робота по форме напоминало консервную банку. Он сидел на пне, вставал и забрасывал удочку. Далее подносил ко рту котлету и начинал двигать нижней челюстью. Затем распевал песенку. Звуки лились из патефона, на котором проигрывалась граммофонная пластинка с записанной песенкой. Патефон был спрятан тут же, в витрине магазина.

Конструктор рекламного робота-рыболова — известный роботостроитель В. Лукачер.

С РОБОТОМ ПОД НОВЫЙ ГОД



Интересный случай произошел с роботом в ночь под Новый 1946 год.

В Москве, в витрине Центрального универмага был выставлен рекламный робот — Дед Мороз. С бородой, румяными щеками, в шубе и с подарками. Робот сидел на пне, потом вставал и поднимал руку с елочными украшениями. В правой руке держал дудку и подмигивал толпе. Затем Дед Мороз исполнял новогоднюю песенку, поздравлял с Новым годом и садился на пенек. Но вот случилось непредвиденное. На квартире изобретателя раздался звонок. Звонили из универмага и просили укротить свое детище. Когда изобретатель приехал, то увидел, как два пожарника с трудом сдерживают трясущегося робота, в витрине все разбито. Что же случилось?



Причина всему — повышенное напряжение электрической осветительной сети. В новогоднюю ночь освещение во всех помещениях универмага было отключено. Напряжение, естественно, в сети резко возросло с 220 до 260 В, что привело к нарушению нормальной работы механизмов робота: робот непрерывно вставал и садился, махал руками и бегал по витрине, троща все и ломая. Так изобретателю пришлось встречать Новый год наедине с разбушевавшимся и переставшим подчиняться роботом.



АВТОМАТИЧЕСКИЙ СЕКРЕТАРЬ

Удивительного помощника изготовил преподаватель Калужского железнодорожного техникума Б. Н. Гришин. Утром он будит хозяина и приглашает на физзарядку, включая магнитофон с записью упражнений. Затем напоминает ему о распорядке дня.

В отсутствие Бориса Николаевича помощник отвечает по телефону: «Хозяина нет дома». Он может записать, что передать, сообщить, где тот находится, или же назвать номер телефона, по которому ему можно позвонить.

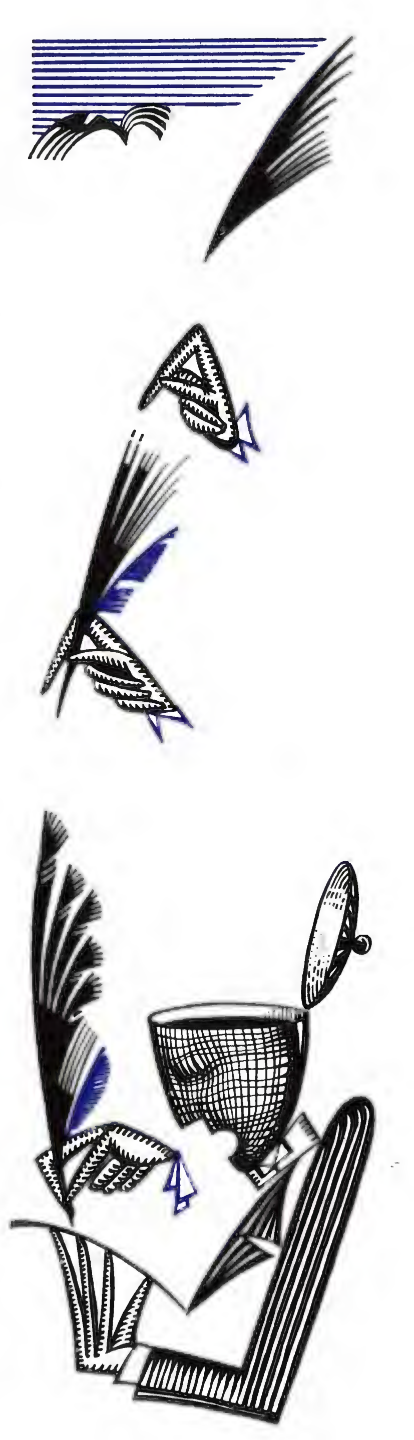
Деловой помощник четко выполняет обязанности секретаря. Поэтому создатель и назвал его АРСом, т. е. автоматическим радиоэлектронным секретарем.

АРС в случае болезни одного из членов семьи вызывает участкового врача или «скорую помощь», поддерживает нормальную температуру в доме, а при угрозе пожара, т. е. при резком повышении температуры, может вызвать «01».

АРС любезно встречает гостей и старается создать для них комфорт — включает магнитофон, радиоприемник или телевизор. И более того: в отсутствие хозяина может записать в определенное время передачу с телевизора или радиоприемника.

Роботом управляют с пульта или по телефону. Подчиняется он и голосу, свистку или лучу света.

Б. Н. Гришин занял 1-е место и был награжден медалью лауреата на I Всесоюзном конкурсе роботов, проходившем в 1967 г. в Москве на ВДНХ СССР.



КИБЕРНЕТИЧЕСКИЙ РОБОТ

После многих месяцев труда 20 ребят под руководством В. В. Мацкевича в 1970 г. создали кибернетический робот высотой в 2,5 м и массой 220 кг (рис. 1). Световой локатор позволял обнаружить препятствие, и робот обходил его. Система радиоуправления рассчитана на 27 команд.

Роботом можно управлять и голосом с расстояния 8—10 м. Звук

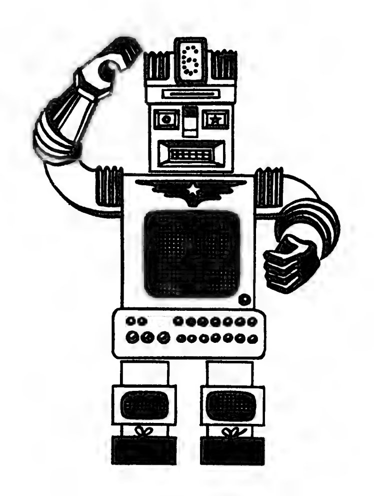


Рис. 1.

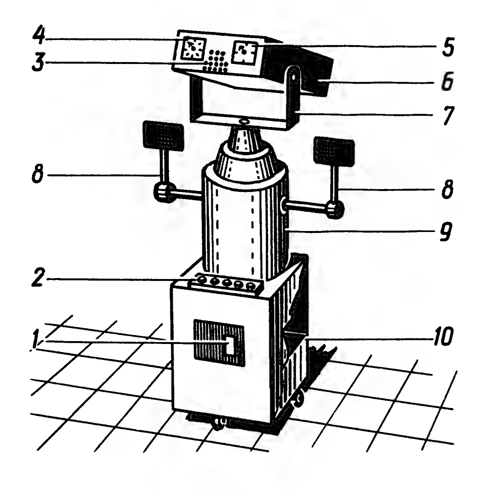


Рис. 2.

воспринимается микрофоном и преобразуется в электрический ток, который поступает на усилитель НЧ и фильтры, различающие частоты команд. Кратко поясним систему управления голосом. Произносимые нами звуки имеют различную частоту, например, звук «о» — 150—300 Гц, звук «и» — 400—700 Гц, звук «а» — 700—1100 Гц. Один фильтр, подключенный к выходу, усилителя, настроен на частоту звука «о», другой — звука «и», третий — «а». К каждому фильтру подключено реле, замыкающее электрическую цепь исполнительного механизма (электродвигателя, приводящего в движение руку или ногу робота). Заметьте, реле срабатывает только при произнесении звука определенной частоты.

Вы произносите: «Стой!». В командном слове слышится основной звук «о». Один из фильтров пропускает электрический ток к реле, которое и выключает электродвигатель движения робота.

А если скажете: «Иди!» — наоборот, включаются электродвигатели движения.

Робот имеет и предупреждающее устройство. Если он окажется в пожароопасной зоне, загорается надпись «Опасность пожара» и воет сирена.

Мы не будем подробно описывать его устройство и работу узлов — это вы найдете в рекомендуемой литературе. Скажем только, что его показывали на ВДНХ СССР. Затем кибернетический робот совершил поездку в Японию. На всемирной выставке «Экспо-70» был награжден дипломом.
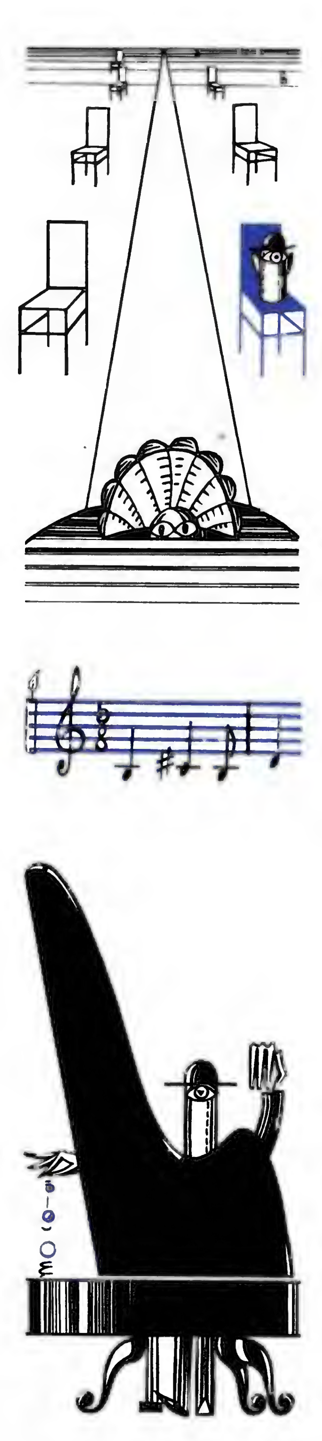
РОБОТ-ЭКСКУРСОВОД

Робот-экскурсовод, управляемый по радио (рис. 2), создан в Московском городском Дворце пионеров и школьников под руководством А. С. Алешина. Смонтирован он на трехколесной тележке (впереди одно поворотное и пара задних ведущих колес). Робот может передвигаться вперед, назад, делать повороты, поднимать и опускать руки-антенны, поворачивать голову и показывать время, рассказывать о стенде и о себе, отвечать на вопросы.

В коробке *10* на тележке спрятано радиоприемное устройство с усилителем и магнитофоном. Две руки *8* приводятся в движение электродвигателями. Внутри цилиндрической части *9* смонтирован поворотный механизм головы (электродвигатель с редуктором) из цилиндрических зубчатых передач. Он приводит в движение серьгу *7*, к которой крепится коробчатая голова *6*. Имеются два «глаза» — циферблаты часов (*5* — часы с минутной стрелкой, *4* — часы с часовой стрелкой). На передней стенке головы (коробки) группа маленьких отверстий *3* в виде перевернутой буквы Т. Это рот робота. Внутри против отверстий укреплен динамик.

Роботом управляет оператор по радио из комнаты с окном в зал. В зале размещены стенды с экспонатами детского технического творчества. Передвигается робот вдоль стендов и рассказывает о них ребятам. Точнее, рассказывает оператор, а робот воспроизводит речь оператора или с записи на магнитофонной пленке.

Его можно использовать и как игровой автомат. Робот говорит: «Я задумал двухзначное число. Отгадайте, какое?» Играющий с роботом нажимает на две из пяти клавиш *2*. Если играющий в течение десяти секунд отгадал число, получает приз из отверстия *1*.



Робот-экскурсовод — это еще не робот в полном смысле слова. Эта система лишь облегчает труд человека, а не заменяет его. Она дает возможность проводить экскурсию, сидя на месте.

КТО И ЗАЧЕМ СОЗДАВАЛ РОБОТОВ?

В далеком и недавнем прошлом, как вы могли убедиться, роботов создавали отдельные умельцы-энтузиасты. Робототехника была уделом увлеченных любителей.

Роботов сначала создавали для развлечения, затем для использования в рекламных целях и выполнения бытовых услуг. Роботостроители-одиночки пытались осуществить мечту человека — создать человекоподобное устройство и поручить ему работу. Опыт механиков-самоучек послужил базой для будущих поколений роботостроителей.

С каждым шагом развития науки и техники улучшалась и конструкция роботов, возрастали их функциональные возможности и расширялся круг способностей.



МАНИПУЛЯЦИОННЫЕ РОБОТЫ

«МЕХАНИЧЕСКИЕ РУКИ»

Проведение экспериментов в области атомной физики, которые особенно интенсивно велись в 40-х годах, потребовали при работе с опасными для жизни радиоактивными веществами применения «механических рук».

Наша Родина — первая страна в мире, которая стала использовать атомную энергию в мирных целях. 27 июня 1954 г. в СССР в г. Обнинске Калужской области пущена первая в мире атомная электростанция. С тех пор в стране построены десятки атомных станций. К концу века они станут основными производителями электрической энергии.

На атомной электростанции есть процессы, которые требуют применения механизмов и приспособлений с дистанционным управлением. Среди них механические руки-манипуляторы *. Они меняют элементы, содержащие ядерное горючее, выгорающие со временем, перегружают ядерное горючее, заменяют оборудование реакторного контура в герметических боксах и т. п.

Механическую руку с кистью-захватом (рис. 3) помещают в зону, опасную для жизни человека. Управляет ею оператор или программное устройство из защищенного помещения.

Оператор приводит в действие управляющую руку *6*. Движение управляющей руки при помощи передачи *5* и магнитной полумуфты *4* передается через потолок *3* камеры на другую полумуфту *2* к рабочей руке *1*. При этом ведущая магнитная полумуфта *4*, взаимодействуя с магнитным полем узла ведомой полумуфты *2*, приводит в движение рабочую руку.

С применения механических рук в атомной энергетике и началось интенсивное развитие робототехники.

Однако «механическая рука» — это еще не робот. Спустя некоторое время она усовершенствуется, обучится работать без помощи человека. Затем робот приобретет ноги, «мозг»... Но это будет потом. А пока робот протянул руку помощи человеку из той области, куда тот проникнуть не смог.

---

* Манипуляция (фр. manipulation) — движение руки или обеих рук, связанное с выполнением определенного задания.

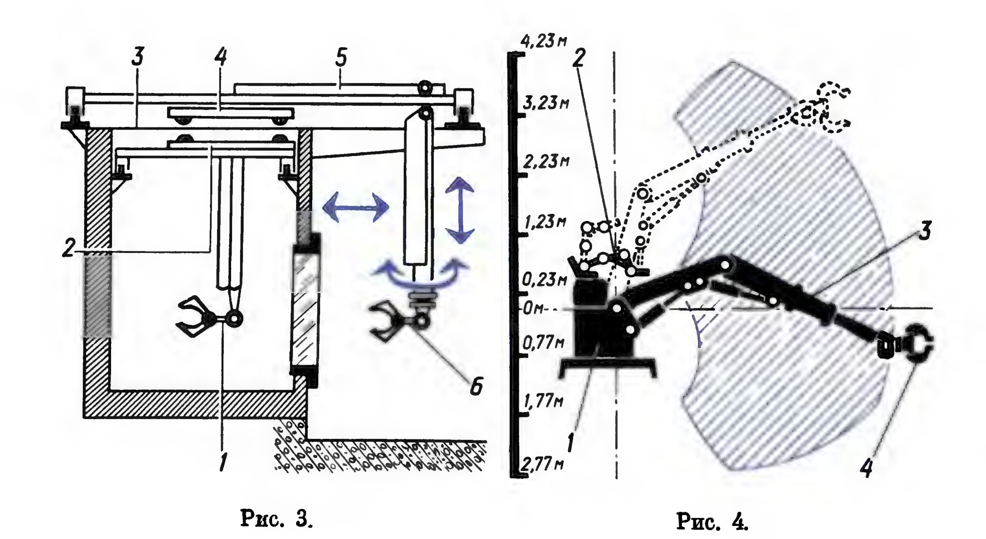


Рис. 3. Рис. 4.

МАНИПУЛЯТОР ШТУЧНЫХ ГРУЗОВ

Присмотритесь к рисунку 4. Не напоминает ли конструкция вытянутую длинную шею с маленькой головой первобытного гигантского динозавра? Пригнутая к земле голова на огромном туловище, вращая жадными глазами, искала пищу.

Манипулятор * своими схватами *4* на длинной стреле *3* готов переместить груз в любую точку заштрихованного пространства. Массивное основание *1* сделано поворотным. Механизмом поворота оператор управляет ногой. Руками он приводит в движение рычаги (управляющие механизмы) *2* манипулятора. Один из механизмов управляет наклоном стрелы, а другой — схватом. На рисунке показаны предельные положения схвата: начальное (нижнее) и конечное (верхнее). Для того чтобы манипулятор смог взять штучный груз, оператор рукой приводит в движение управляющий механизм *2*, стрела при этом, копируя движения оператора, наклоняется.

«Динозавр» (название дано нами) легко и быстро поднимает груз массой до 400 кг на высоту 2,4 м. Поворачивается на 360° со скоростью до 0,6 м/с. Схваты можно заменить в зависимости от типа груза (мешки, мясные туши, бочки и т. д.).

«СПОСОБНЫЙ ГЕРКУЛЕС»

Именем Геркулеса — популярного греческого народного героя, назван манипулятор, изображенный на рисунке *5*. Своей подвижной рукой он поднимает груз в сотни килограммов и пере-

* Разработан в Ленинградском технологическом институте холодильной промышленности под руководством В. Л. Жовнера.

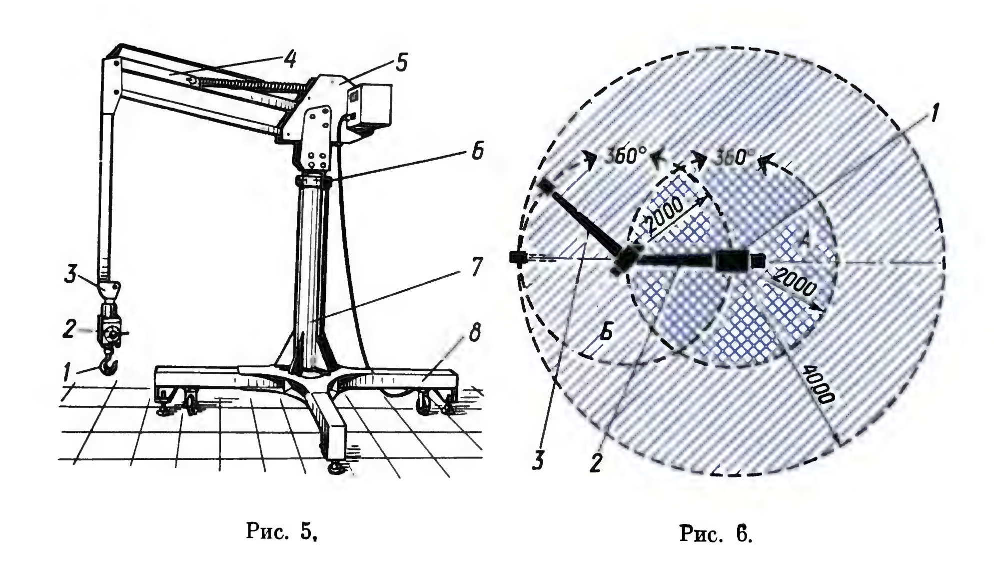


Рис. 5.

Рис. 6.

носит его по вертикали, горизонтали, поворачивая вокруг своей оси и опускает. Работает на предприятиях Японии и автомобильных заводах Швеции.

На передвижном основании *8* укреплена стойка *7*, в верхней части которой имеется поворотное основание *6*. В основании смонтирована приводная часть *5* (электродвигатель с редуктором). Рука манипулятора — двуплечий складной рычаг (*3* и *4* — плечи рычага). На конце плеча рычага *3* — устройство для поворота захвата (крюка) *1* и коробка *2* управления манипулятором.

Манипулятор послушный человеку, способный понимать его указания, за что он назван «Способным». В отличие от блоков, лебедок и других грузоподъемных устройств он обладает большими кинематическими способностями: поворачивается вокруг своей колонны *1* на 360° (рис. 6). Зона действия манипулятора представляет собой заштрихованную круговую площадь, описанную двумя плечами *2* и *3*. Плечо *2* описывает площадь *А*, плечо *3* — площадь *Б*. Общая площадь, обслуживаемая манипулятором при неподвижном основании, составляет 60,24 м². Максимальная высота поднятия груза составляет 2100 мм. Нетрудно подсчитать объем пространства, в котором работает рука робота. Одним из показателей кинематических способностей робота является объем обслуживаемого пространства. И разумеется, чем он больше, тем разнообразнее способности манипулятора.

«Способный Геркулес» обладает «чувством» самоконтроля. Он оснащен устройством, которое контролирует и предотвращает перегрузки — не поднимет груз весом более допустимого (4000 Н).



МАНИПУЛЯТОР ИЗ СТАНДАРТНЫХ УЗЛОВ

Не так-то легко человеку перенести к станку заготовку массой до 20 кг, установить ее и вновь отнести. Утомительно и однообразно.

Автоматический манипулятор (рис. 7) собран из стандартных узлов и выполняет обязанности подсобного рабочего возле станка: берет из специальной тары заготовку, переносит ее к станку и устанавливает в его патроне. После обработки возвращает деталь на прежнее место.

Колесная платформа *1* манипулятора устанавливается на рельсовом пути, проложенном вдоль станка. На платформе крепится колонна *6* и механизм *2* перемещения робота. На колонне имеется головка *5*, к которой крепится рука *4*. Приводы руки (поворота и выдвижения) спрятаны в головке. Рука оканчивается кистью-схватом *3*.

Манипулятор не только перемещается вдоль станка, но выдвигает руку и двигает ее вдоль оси станка. Он может повернуть руку вокруг горизонтальной оси на 180° и произвести зажим-разжим захватного устройства. Гидравлические силовые двигатели приводят в движение колесную платформу и руку манипулятора.

Система управления манипулятора позиционная, с применением упоров. На пути движения колесной платформы устанавливают упоры, подходя к которым, платформа конечными выключателями наталкивается на них, вследствие чего подается команда на отключение гидравлического силового двигателя перемещения платформы. Движение руки также ограничивается упорами.

Манипулятор работает по программе. Программоноситель представляет собой цилиндр, на поверхности которого в гнездах размещены шарики. При повороте цилиндра шарики замыкают

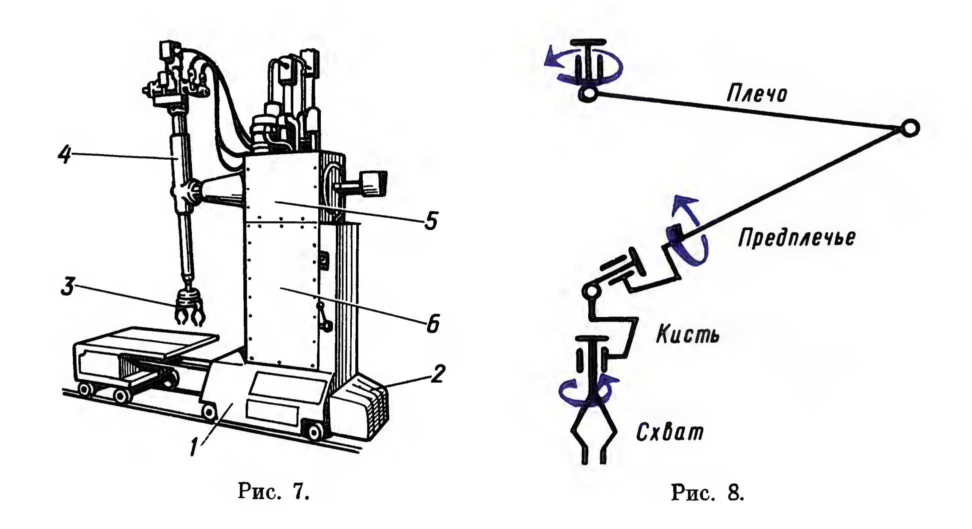


Рис. 7.

Рис. 8.

контакты цепей исполнительных механизмов. Последовательность включения механизмов и продолжительность работы зависят от соответствующего набора шариков в цилиндре.

Манипулятор собран из одиннадцати функциональных узлов: руки, головки, привода хода, привода поворота, программного барабана хода, программного барабана поворота, стола и т. д.

Использование манипуляторов из стандартных узлов позволит ускорить создание в промышленности автоматизированных станков-манипуляторов, обеспечит обслуживание манипулятором группы станков. Это будет способствовать переходу к комплексной автоматизации производства, сэкономит миллионы рублей и решит вопросы нехватки кадров подсобных рабочих.

О РУКЕ ПОДВОДНОГО РОБОТА

Рука (манипулятор) — основной рабочий орган подводного робота. Обычно она находится в передней части аппарата и компануется с телевизионной камерой и светильником для освещения морского дна. Как видно из кинематической схемы (рис. 8), она подобна человеческой руке. У нее есть плечо, шарнирно соединенное с предплечьем и кистью. Размеры их зависят от назначения манипулятора. Плечо, предплечье и кисть способны совершать круговые вращения и сгибаться в локте. Кисть оканчивается схватом с двумя пальцами. Ими он удерживает объект манипулирования.



«КРАБ» — РОБОТ-ГЕОЛОГ

Взятие проб грунта дна на большой глубине, прокладывание кабелей и трубопроводов на морском дне, проведение судоподъемных и аварийно-спасательных работ не под силу человеку в скафандре.

Манипулятор на подводном аппарате берет пробы грунта с морского дна, устанавливает научные приборы, присоединяет к затонувшему судну трос. При подводной резке и сварке, сверлении и монтажных работах на морском дне не обойтись без подводных аппаратов с мощной механической клешней.

Подводные аппараты «Садко», «Черномор», «Ихтиандр», «Спрут» и многие другие не раз опускались на дно, изучая подводный мир. В последние годы появились более совершенные глубоководные аппараты — информационно-поисковые и манипуляционные роботы.

«Краб» — первый советский разведчик морских глубин * — телеуправляемый робот. С надводным судном он связан троскабелем. Управляется оператором, по заданию которого брал пробы грунта со дна Черного моря, на подводных вулканических горах в Тирренском море и в Тихом океане, в Средиземном море собирал образцы морских растений и донных животных.

УПРАВЛЕНИЕ ПОДВОДНЫМ РОБОТОМ

Одни подводные аппараты с манипулятором имеют оператора на борту, другие (необитаемые) — управляются оператором из надводного корабля.

---

* Разработан в лаборатории техники подводных исследований института океанологии АН СССР имени Петра Ширшова.

В подводном обитаемом аппарате установлен копирующий манипулятор. Оператор своими руками действует на управляющие руки манипулятора, т. е. воспроизводит все те движения, которые хочет передать исполнительной руке (рукам) манипулятора. Работа копирующего манипулятора подобна работе «механических рук» на атомной станции и описанной нами ранее. Сейчас копирующая система управления подводным роботом в стадии совершенствования. Для того чтобы облегчить труд оператора, вводятся различные устройства.

Подводным необитаемым аппаратом — манипуляционным роботом управляет оператор из командного пункта надводного корабля *. Оператор видит на экране телевизора робота с рукой в подводной среде. Цифровая вычислительная машина (ЦВМ-1) обрабатывает и сообщает оператору информацию об окружающей робота среде, собранную специальным устройством. Оператор анализирует обстановку и принимает решение. С помощью командного устройства он вводит в ЦВМ-1 программу действий робота на морском дне. Командное устройство представляет собой телетайп или визуальное устройство.

Если используется телетайп, то оператор с помощью его клавиатуры, как у пишущей машинки, кодирует программу действий робота. Далее команда вводится в ЦВМ-1.

В будущем команда будет вводиться голосом оператора. Далее ЦВМ-1 подает команду в шифратор-распределитель, который зашифровывает команду и передает ее по кабелю в систему



* Попов Е. П. Управление подводными роботами. — Судостроение, 1977, № 1.

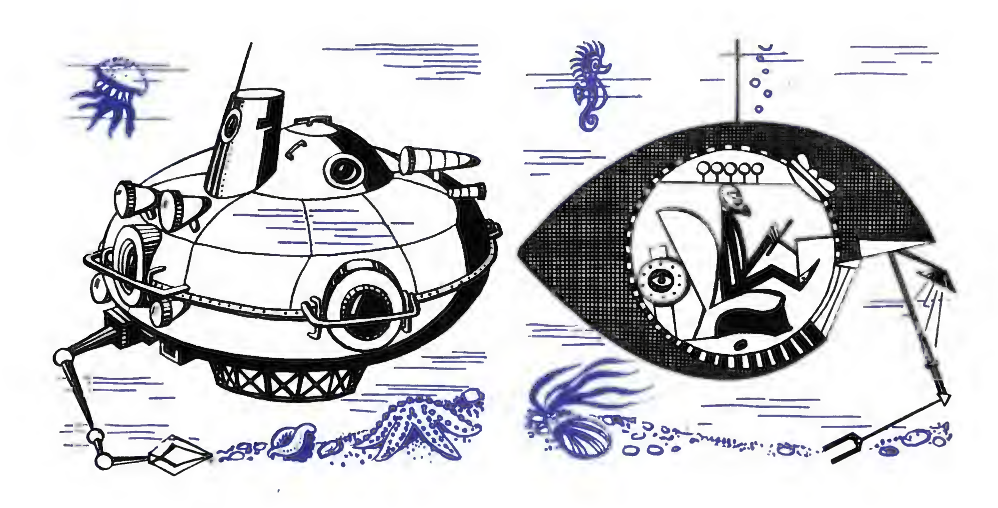


Рис. 9. Рис. 10.

управления подводного робота. А от нее команда поступает в систему управления манипулятором.

В автоматическом режиме подводным аппаратом с манипулятором управляет вычислительная машина.

ОСА ПОД ВОДОЙ

Прибрежная часть океана — шельф шириной 50—100 км и глубиной до 200 м — наиболее изучена. Она очень богата животным и растительным миром. В этой части, главным образом, человек ловит рыбу, снимает урожай морских водорослей.

На дно Финского залива не раз опускался обитаемый стабилизированный аппарат (ОСА) (рис. 9) массой около 12 т с экипажем из трех человек. По бокам его есть иллюминаторы для наблюдения за окружающей средой, а впереди — манипулятор. При помощи манипулятора можно взять со дна пробу грунта массой до 20 кг, моллюска или морскую звезду. Аппарат — разведчик рыбы; обнаружив косяк, аппарат зависает над ним как вертолет, и сообщает местонахождение рыболовному судну.

ОСА окрашен в красный, белый и оранжевый цвета. На рубке — герб нашей Родины, на корпусе — эмблема института — «Гипрорыбфлот»: рисунок морского конька, контуры земного шара и кремлевской стены. В составе первого экипажа ОСА — ведущие конструкторы института: Михаил Львов, Олег Моргунов и начальник участка Владимир Громов.

На костюмах гидронавтов белые буквы — СССР.

«ДИПСТАР-4000»



За шельфом океан беден рыбой и растительностью, туда мало проникает солнечных лучей, большое давление воды. Вот здесь-то и начинается малоизвестное, а порой и вовсе неизвестное для ученых разных специальностей. Начинаются тайны. Раскрыть их, возможно, предстоит и вам, юные читатели. Познать тайны океана — давняя мечта человека. Сначала в скафандре, затем в подводных аппаратах — батискафах и батиандрах опускался человек в воды океана. Для исследования океана за шельфом нужны глубоководные аппараты. На рисунке 10 изображен такой аппарат, форма которого подобна огромной океанской звезде. В отсеке управления, оборудованном приборами, помещается экипаж из трех человек. Командир экипажа управляет аппаратом. Двое других ведут наблюдение через иллюминаторы.

«Дипстар-4000» — подводный аппарат для научных целей. При помощи манипулятора — клешни он захватывает донные растения, вылавливает морских животных, измеряет скорость течения воды и его направление, температуру, соленость и электропроводность, а также проводит геодезическую съемку и киносъемку окружающей среды.

«АЛЬВИН» И «КЭРВ» В ПОИСКЕ

В 1966 г. радио, телевидение, газеты стран мира сообщили тревожную весть: американские летчики «потеряли» водородную бомбу. Она упала в воду у берегов Испании. Чтобы ее найти, нужен был глубоководный аппарат. Поиском занялся «Альвин» — глубоководный обитаемый аппарат: усилие схвата до 450 Н, рассчитан на

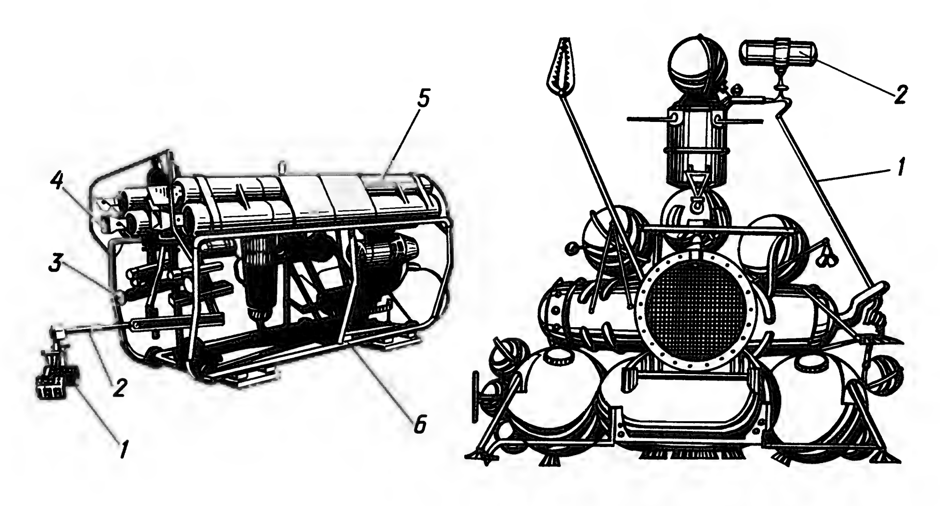


Рис. 11.

Рис. 12.

погружение до 1830 м, скорость передвижения 4 км/ч, дальность плавания до 40 км.

После долгих поисков, в зарослях морского дна, на глубине около километра бомба была обнаружена. Однако «Альвин» одной своей рукой поднять ее не смог. Не смог и присоединить к ней трос для извлечения со дна. Нужен был более мощный подводный аппарат, а условия безопасности требовали применения необитаемого телеуправляемого аппарата.

Справился с этой задачей подводный необитаемый аппарат «Кэрв» (рис. 11), специально приспособленный для различных подъемных работ: он поднял 37 торпед и ракет, упавших в морскую пучину. На его металлическом каркасе *6* укреплены баллоны *5*. Три электродвигателя с винтами придают ему большую маневренность. Лампы *3* подводного робота хорошо освещали морское дно при передаче изображения двумя телевизионными камерами *4*. «Кэрв» имел выдвижной манипулятор *2* со схватами *1* и электрическим приводом.

Оператор на судне выдвинул манипулятор и нацелил «Кэрв» на лежащую на дне бомбу. После того как бомба была захвачена схватами, последние вместе с тросом были отсоединены от аппарата. «Кэрв» всплыл, а подъемные механизмы на судне подняли бомбу на поверхность.

МАНИПУЛЯТОР-ШТАНГА НА ЛУНЕ

По советской программе исследования Луны, начиная с 1959 г., запущены автоматические межпланетные станции различных поколений: «Луна-1»..., «Луна-10»... и «Луна-21», доставившая «Луноход-2».

«Луна-16» — первая автоматическая межпланетная станция (АМС), которая 24 сентября 1970 г. доставила на Землю образцы лунного грунта. Выйдя на круговую орбиту и облетев вокруг Луны, АМС совершила мягкую посадку в районе Моря Изобилия.

На рисунке 12 изображена станция «Луна-16» — аппарат, возвращенный на Землю. По команде с Земли АМС откинула свою механическую руку-штангу *1* с буровым механизмом *2*. Заработало грунтозаборное устройство. Рука, захватив реголит *, возвратилась в прежнее положение.

МАНИПУЛЯТОР НА МАРСЕ

В июле 1976 г. на поверхность Марса опустился посадочный отсек американской автоматической станции «Викинг-1», а в сентябре — «Викинг-2». Станции передали по телевидению марсианский ландшафт, сведения о составе атмосферы и грунта. Атмосфера Марса содержит 95% углекислого газа, 2—3% азота, 1—2% аргона и всего лишь 3% кислорода. А о составе грунта Марса нам помогла узнать «механическая рука» автоматической станции. По команде с Земли она взяла пробу грунта. Анализ показал, что в грунте содержится 15—30% кремния, 12—16% железа, 3—8% кальция и т. д. Ни одна земная порода не имеет подобного состава.

Вы ознакомились с манипуляторами различных типов. «Механическая рука» увеличила способности человека, удлинила его руку, сделала ее сильной, неутомимой и неуязвимой. Созданная разумом и трудом человека, послушная его воле, она помогает ему проникнуть в тайны атома, мирового океана и космоса.

---

* Разнозернистый, обломочно-пылевой слой. В основном состоит из вулканической лавы и расплавленной породы, возникает в результате падения метеоритов на поверхность Луны.



ПРОМЫШЛЕННЫЕ РОБОТЫ

ПЕРВЫЙ ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ ПРОМЫШЛЕННЫЙ РОБОТ

Промышленный робот — это автономно функционирующая машина-автомат, предназначенная для того, чтобы воспроизводить некоторые двигательные и умственные функции человека во время выполнения вспомогательных и основных производственных операций без непосредственного участия человека... *.

Промышленный робот внешне не похож на человека. Его «внешность», габариты и способности зависят от той работы, для которой он предназначен. Но какую бы работу он не выполнял, какую бы «внешность» не имел, у него всегда есть механическая рука и управляющая система или ЭВМ с памятью.

Работой у нас каждый обеспечен, и это большое преимущество социалистического строя. Наша Коммунистическая партия и Советское правительство неустанно заботятся об условиях труда советского человека. Заботой о человеке, его развитии, здоровье под девизом «Все для Человека, все во имя Человека» и проникнуты решения КПСС. Вот почему XXV съезд партии решил переложить на плечи роботов тяжелую физическую работу в промышленности, предусмотрев серийное производство автоматических манипуляторов с программным управлением.

Человек, освобожденный от тяжелого физического, однообразного, а порой и вредного для здоровья труда, сможет выполнять более квалифицированную работу, что будет способствовать более полному раскрытию его способностей, широкому развитию творчества.

Первыми отечественными роботами были УМ-1, Универсал-50, УПК-1.

На рис. 13 изображен УМ — универсальный манипулятор **. На металлическом основании *1* укреплена стойка *2*, в прорези которой перемещается механическая рука *3*. Рука оканчивается кистью *4*, в которой закреплен схват с двумя металлическими пальцами *5*. Пальцы удерживают деталь *6*. Рука, поднимая груз массой до 10 кг, может перемещать его в горизонтальной и вер-

---

* Белянин П. Н. Промышленные роботы. М., Машиностроение, 1975, с. 13.

** Создан под руководством П. Н. Белянина и Б. Ш. Розина (Ленинград). Использован рисунок из книги П. Н. Белянина «Промышленные роботы».

тикальной плоскостях со скоростью 1 м/с на расстояние до 760 мм. Сама рука способна поворачиваться вокруг вертикальной оси на 240°, а кисть — вокруг продольной и вертикальной осей на 180°. Движения кисти и схвата ограничиваются упорами. Их углы поворота регулируются перестановкой (изменением положения) упоров. Гидравлические двигатели приводят в движение руку, кисть и схват.

Робот работает по программе: взять — положить. Программоноситель — бумажная перфорационная лента. На ленту наносят информацию в виде перфораций. Для того чтобы записать программу на перфоленту, достаточно с пульта управления провести руку *3* по заданным точкам программы. При этом на перфоленте кодируются движения руки в виде отверстий, расположенных определенным образом. После обучения робота, т. е. после записи программы его работы, он может сам производить движения своей рукой. Допустим, что изготовленная сварная деталь предназначена для работы в ответственном узле какой-то машины. Нужно проверить, нет ли в ней микротрещин или инородного включения. Эти дефекты можно обнаружить методом радиационной интроскопии с помощью рентгенотелевизионной установки. УМ-1 подает деталь из окна *11* к рентгеновскому аппарату *7* (*8* — передающий блок рентгенотелевизионной установки). Далее робот, держа деталь в схвате, манипулирует ею и после просвечивания подает к окну выгрузки *9*. Оператор из пультового помещения по видеоконтрольному устройству *10* на экране просматривает деталь и управляет роботом. Робот удалил человека из опасной зоны, обезопасил его. Операции выполняет гораздо быстрее, чем человек.

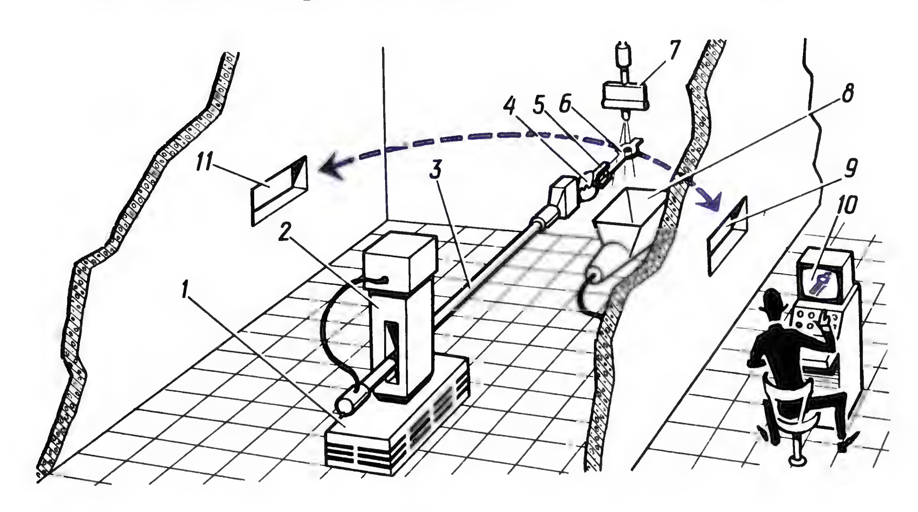


Рис. 13.

РОБОТ ОБСЛУЖИВАЕТ ВОСЕМЬ СТАНКОВ

Робот, о котором мы хотим рассказать, необыкновенно подвижный несмотря на свою массу (400 кг). Он трудолюбив и неутомим. Свесив массивную лапу с балки над станком, успевает многое сделать: перевезти заготовки со склада к станкам, установить в патроне, снять деталь со станка после обработки, отвезти ее к другому станку или на склад, перегрузить изделия с конвейера, уложить готовые изделия в тару и выполнить многие другие подсобные работы.

Промышленный робот «Спорт-1» * (рис. 14) состоит из тележки *4*, манипулятора и устройства связи с ЭВМ. Тележка движется по направляющим рельсам, подвешенным над обслуживаемыми станками. Манипулятор имеет плечо *3*, предплечье *2* и кисть (схват) *1*. Каждая часть манипулятора приводится в движение отдельным электрическим двигателем. Грузоподъемность манипулятора 150 Н и усилие схватывания 1200 Н. Рука робота способна переместить заготовку (деталь) по ширине, т. е. от себя к станку, на расстояние 1,6 м, а по высоте — до 2 м.

Электромеханический универсальный робот «Спорт-1» имеет позиционную систему управления. «Мозг» робота — ЭВМ, которая управляет роботом и обслуживаемыми им станками.

Подсобник «Спорт-1» успевает справиться с работой по обслуживанию линии из восьми станков.

* Разработан Особым конструкторским бюро (ОКБ) технической кибернетики Ленинградского политехнического института имени М. И. Калинина.

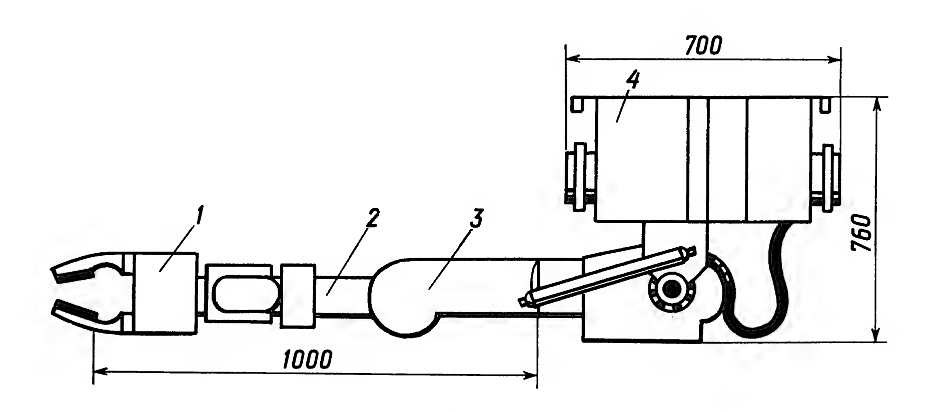
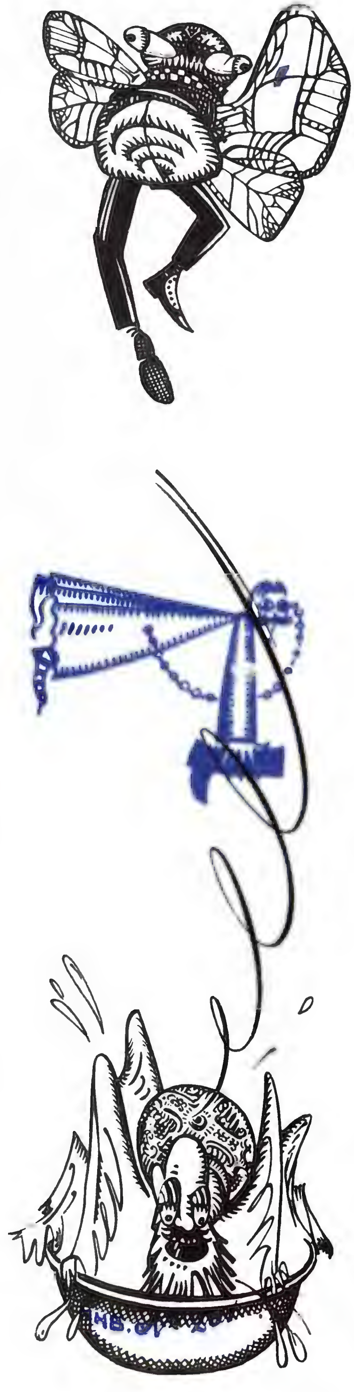


Рис. 14.

РОБОТ-УПАКОВЩИК



Упаковка хрупких изделий требует большой осторожности и точности. До сих пор этой операцией занимались только люди. Но вот решили доверить упаковку изделий роботу. Роботы-упаковщики ловко манипулируют своей механической рукой с хрупкими изделиями. Берет с конвейера бокал или блюдце, чашку с художественной росписью, к которым, казалось бы, может прикасаться только человеческая рука, и укладывает в упаковочные ящики. На конвейере движутся стеклянные изделия. Над ним расположены глаза робота — фотоэлементы. Их несколько. И размещены так, что просматривают все движущееся полотно конвейера. Как только под фотоэлементом появляется изделие, он подает сигнал, который передается на электронный управляющий блок, а тот в свою очередь подает команду механической руке: с такого-то участка ленты конвейера взять изделие. Остальные движения руки совершаются по программе. В руке, на конце которой имеется вакуумный присос, создается вакуум, благодаря чему изделие, как бы прилипая, удерживается присосом на весу.

«СПРУТ-1» ПОД ПОТОЛКОМ

«Спрут-1» * (рис. 15) — транспортный электромеханический робот для перемещения грузов внутри цеха. По техническим данным он не имеет равных среди роботов своего класса (грузоподъемность 2500 Н).

В цехе на потолке вдоль линии станков укреплена монорельсовая подвесная

* Разработан ОКБ технической кибернетики Ленинградского политехнического института имени М. И. Калинина.

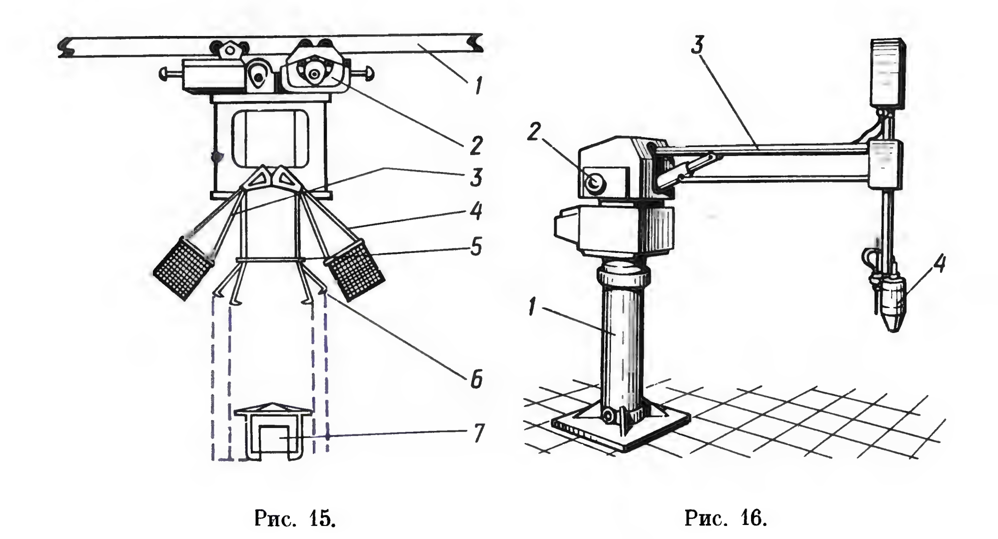


Рис. 15. Рис. 16.

дорога *1*, по которой передвигается тележка *2*. Электродвигатель через редуктор вращает одну пару ведущих колес (остальные три пары — направляющие). На тележке находится механизм выдвижения — механическая рука со схватом *5*, который имеет четыре пальца *6*. «Спрут-1» берет заготовку, устанавливает в контейнере и транспортирует ее по программе в автоматическом режиме. Получив задание, робот отправляется по подвесной дороге на склад со скоростью до 0,5 м/с. По прибытии раздвигает контейнер на две половины *3* и *4*. Из него выдвигается схват *5*, который опускается на пол за заготовкой *7* (до 5,43 м). Пунктиром показано выдвижение руки. Своими четырьмя пальцами схват захватывает заготовку и поднимается вверх. Половинки контейнера сдвигаются. Предусмотрено использование робота в автоматизированной системе внутрицеховой транспортировки грузов. В этом случае роботом управляет ЭВМ.

Система управления может обеспечить одновременное управление действиями двух роботов. Заметьте, что это уже управление группой роботов.

Используя промышленные роботы «Спорт-1» и транспортные «Спрут-1» на автоматизированном участке с централизованным управлением от ЭВМ, можно комплексно автоматизировать производство. Это даст возможность освободить подсобных рабочих и направить их на производственные участки для выполнения квалифицированной работы. Вместо подсобных рабочих — оператор.

ЕГО НАЗЫВАЮТ ПРЗ-2

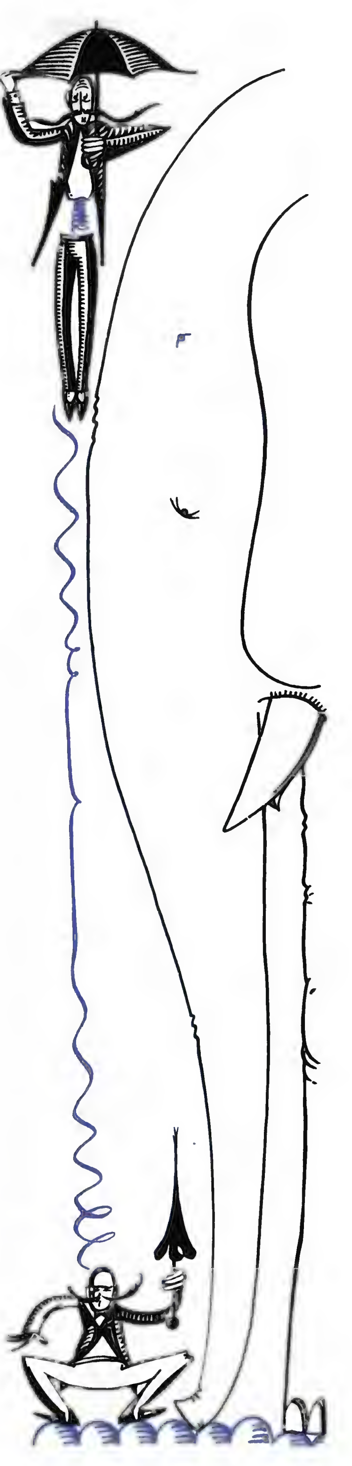
Промышленный робот-заливщик ПРЗ-2 (рис. 16) * автоматизирует процесс заливки жидкого металла в машину литья под давлением. Робот массой 300 кг устанавливается на полу. На его колонне *1* размещен электромеханический привод *2*. Рука *3* длиной 1300 мм поворачивается к раздаточной печи, удерживает тигель *4* и опускает его в печь. Через донное отверстие жидкий металл (алюминиевый сплав) заполняет тигель, что гарантирует невозможность попадания шлака в будущую отливку. Тигель набирает от 0,1 до 2,5 кг жидкого сплава. После того как тигель заполнится металлом, рука поворачивается на 90—120° к машине для литья под давлением и выливает в нее алюминиевый сплав.

Робот по программе многократно повторяет операцию заливки, повышает производительность труда и культуру производства, а главное, освобождает человека от работы с вредными для здоровья газами. С применением ПРЗ-2 создаются условия для проведения комплексной автоматизации всего технологического процесса получения готовой отливки.

ОПЕРАТОР ЗА ПОЛУАВТОМАТОМ

Как станок-полуавтомат превратить в автомат? Как от одностаночного перейти к многостаночному обслуживанию одним оператором? От решения этих важных вопросов зависит производительность цехов, численность занятых рабочих, культура труда.

Что делает оператор, обслуживая станок-полуавтомат с программным управлением? Он устанавливает заготов-



* Разработан Всесоюзным проектно-конструкторским институтом технологии электротехнического производства, г. Ленинград.

ку (иногда массой до 20 кг) на станке, включает его, наблюдает за работой. При необходимости переналаживает, меняет программу, производит настройку. После окончания обработки снимает деталь со станка. Затем снова устанавливает заготовку на станке, включает его... и все повторяется вновь. А установка заготовки и снятие готовой детали со станка считается вспомогательной операцией и выполняется вручную. Поэтому станок и считается полуавтоматом. Долгое время ручные операции не позволяли полуавтомату превратиться в автомат. Оператор был занят тяжелым физическим трудом. Где уж тут обслуживать два, три и более станков. Но вот в цех пришел робот...

Робот РВ-50 (рис. 17) освободил оператора от неквалифицированного труда и позволил обслуживать несколько станков.

Приехал робот в цех по рельсовому пути, проложенному вдоль станков. Основание робота *1* смонтировано на четырех роликовых опорах. На нем крепится колонка *26* и тактовый стол *2* со специальным ящиком для заготовок (деталей). У него есть рука *11* с захватным устройством *5*, которая может перемещаться по горизонтальной оси (вдоль оси центров станка), поворачиваться вокруг нее, передвигаться по вертикальной оси, поднимая заготовку массой до 50 кг, и поворачиваться вокруг нее.

Анатомия робота. Узлы приводятся в движение гидродвигателями *15*, *16*, *18*, *19*, *22*, *25*, *27*, *28* типа цилиндр-поршень.

Рассмотрим цикл работы робота от команды на пуск до окончания его работы, т. е. укладки обработанной детали в ящик.

При пуске робота в верхнюю часть гидродвигателя *18* * насосом нагнетается масло. Под давлением масла поршень *17* со штоком *20* опускается вниз. Шток оканчивается зубчатой рейкой, которая, находясь в зацеплении с центральным валом *21*, поворачиваст его. Центральный вал через зубчатые колеса *9*, *7* и *8* с рейкой *10* опускает руку *11* с раскрытыми схватами вниз, чтобы взять заготовку из ящика. Рука опускается до тех пор, пока шток *20* зубчатой рейкой не упрется в ограничительный упор (в один из шести) на барабане упоров хода руки *24*. Когда рука останавливается, срабатывает конечный выключатель, который подал команду на взятие заготовки из ящика. При этом в гидродвигатель *15* схвата стало поступать масло, вследствие чего шток поднимается вверх вместе с двумя короткими, расположенными по обе стороны схвата, зубчатыми рейками *4*, а пальцы *3* (их четыре) сжимают заготовку. Как только сила сжатия достигнет определенной величины, срабатывает реле давления и подает команду на поднятие руки вверх. Масло в гидродвигатель *18* поступает в нижнюю полость, а шток *20* поднимается

---

* На рисунке 17 не показаны система подачи масла в гидродвигатель и его отвода, конечные выключатели системы управления роботом, поршни гидродвигателей, за исключением *18*, и реле давления; позицией *28* обозначен гидродвигатель стола.

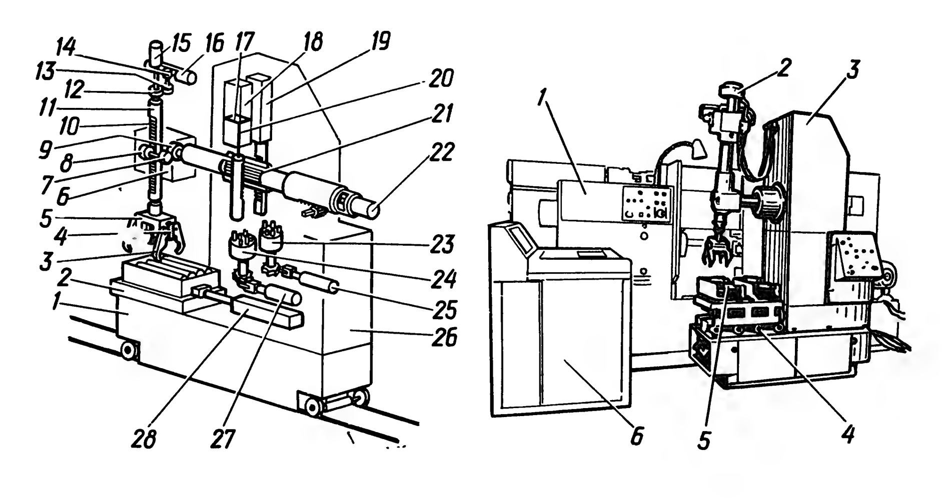


Рис. 17. Рис. 18.

вверх. Центральный вал *21* повернется в обратную сторону, а рука *11* поднимется вверх. Как только рука достигнет верхнего положения, конечный выключатель выключит гидродвигатель *18* на подъем руки, подаст команды гидродвигателю *27* на поворот барабана упоров хода руки *24* и гидродвигателю *19* на поворот руки вокруг горизонтальной оси.

Опишем выполнение последней команды. При включении гидродвигателя *19* его зубчатая рейка, находясь в зацеплении с центральным валом *21*, поворачивает головку *6* с рукой вокруг горизонтальной оси в направлении к станку. Поворот ограничивается одним из шести упоров барабана упора поворота руки вокруг горизонтальной оси *23* (*25* — гидродвигатель барабана).

Затем включается гидродвигатель *18*, который перемещает руку по вертикали и при этом выносит заготовку на линию центров станка. Движение руки ограничивается уже другим упором барабана *24*, поставленным на пути движения зубчатой рейки.

Затем заготовку следует установить в патроне станка. Для этого включается гидросиловой двигатель *22*, который перемещает руку с заготовкой вдоль оси центров станка. Заготовка в патроне станка — раскрываются схваты и рука уходит от станка. Начинается обработка заготовки на станке по программе. После окончания обработки рука вновь возвращается, но уже за деталью. Пальцы, сжимая деталь, выводят ее из патрона. Затем рука переносит деталь к ящику на своем столе. Включается гидродвигатель *16*. Через зубчатую рейку и зубчатые колеса *14* и *12* он поворачивает схваты вокруг вертикальной оси и укладывает деталь в ящик. Затем рука поднимается вверх для захвата другой заготовки. Цикл окончен. После этого начинается другой цикл, и все повторяется сначала.



На рис. 18 изображен станок с программным управлением *1* и пультом управления *6*. Его обслуживает робот РВ-50 (*2* — рука робота; *3* —станина; *4* — стол; *5* — тара с деталями). Один оператор сможет обслуживать несколько таких модулей (робот и полуавтоматический станок, которые образуют автоматизированную линию, комплексно автоматизированный участок).

ПЕРВЫЙ ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ РОБОТ-ЭЛЕКТРОСВАРЩИК



В 1975 г. автомобильные заводы нашей страны выпустили около 2 млн. легковых и грузовых автомобилей. Только с конвейера Волжского автозавода каждые 22 с сходит автомобиль. Производство их непрерывно увеличивается.

При изготовлении автомобиля значительная доля работ приходится на сварку. Из всех способов контактная сварка составляет 75—80%. В кузове, капоте, крышке багажника, дверце и других местах много сварных точек. В легковом автомобиле их от 5 до 12 тыс., а в автомобиле ВАЗ-2101 только для изготовления одного кузова нужно поставить 10 тыс. сварных точек.



Требования к улучшению условий труда и повышению его производительности поставили ученых и производственников перед необходимостью создать специальное автоматическое устройство.

В конце 60-х годов начались работы по созданию робота-электросварщика в Институте электросварки имени Е. О. Патона АН УССР. И уже в начале 70-х годов был создан лабораторный, а затем и опытный образец промышленного робота-электросварщика (рис. 19). На тележке *1* смонтирован корпус *2*, а на нем — рука *3*. Она оканчивается сварочными клещами *5*, кото-

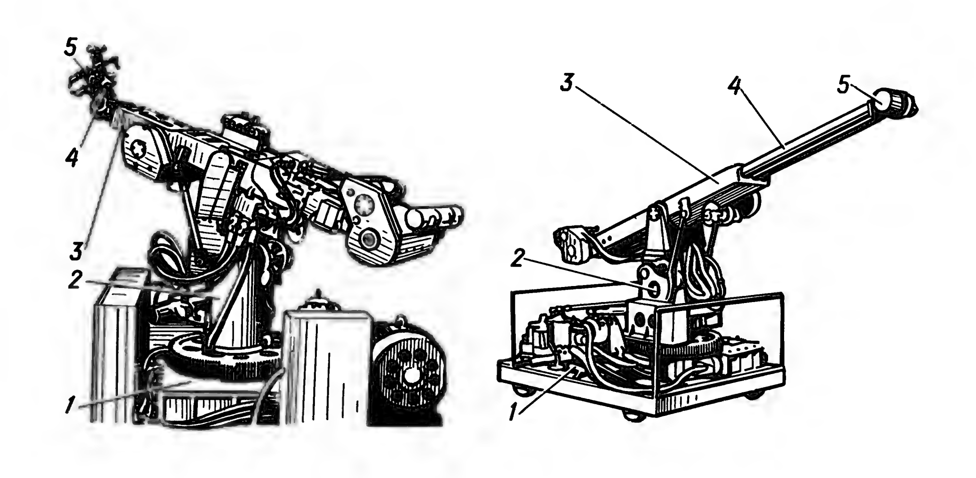


Рис. 19. Рис. 20.

рые крепятся к кисти *4* руки. Клещи зажимают две детали. Пропуская между ними электрический ток, сваривают детали.

На существующих образцах проверялась система управления, метод обучения робота и правильность принятых конструктивных решений. Испытания позволили создать первый отечественный промышленный робот * (рис. 20) ** для контактной точечной сварки деталей автомобиля.

На тележке *1* смонтирован корпус *2*, башня *3*, рука *4* и кисть *5* со сварочными клещами. Рука робота (две трубы, движущиеся по рейке) способна поворачиваться на 180° вокруг вертикальной оси и наклоняться под углом 45°. Кисть со сварочными клещами может вращаться вокруг своей оси и наклоняться относительно горизонтальной.

Управление позиционное, программное. Робот имеет запоминающее устройство, устройство управления и шаговый гидроэлектропривод. При замене свариваемых деталей изменяется программа работы робота, т. е. режим работы и направление движения руки.

К самостоятельной работе по программе робот приступает после «обучения». Весь цикл получения сварной точки делят на последовательные движения (шаги) рукой и кистью от одной позиции к другой. Затем робота заставляют произвести рукой и кистью эти шаги, записывая их на магнитофонную ленту. С окон-

---

* Создан Институтом электросварки им. Е. О. Патона АН УССР и Горьковским автозаводом.

** Артоболевский И. И., Кобринский А. Е. Робототехника: современное состояние, проблемы. М., Вестник Академии Наук СССР, 1974, № 9.

чанием записи закончился и процесс «обучения» робота. Теперь робот-электросварщик готов автоматически многократно повторять движения рукой и кистью в таком порядке, в каком они записаны в его памяти.

Управление сварочными клещами. Поворотом кисти со сварочными клещами или движением руки в вертикальной или горизонтальной плоскости (т. е. по одной из координат) командует система управления. Она состоит из трактов управления. Каждый тракт управляет движением руки по одной координатной оси.

Структурная схема * тракта управления робота по одной координатной оси изображена на рис. 21. Тракт управления состоит из цепочки звеньев (шагов).

Допустим, требуется зажать деталь. Для этого от микровыключателя подается командный сигнал и включается источник управляющих импульсов. От частоты электрических импульсов зависит характер движений исполнительного органа (сварочных клещей). В усилителе импульсы усиливаются и преобразуются в командные сигналы, которые и подаются на включение шагового двигателя. Последний и приводит в движение сварочные клещи. Шаговый двигатель воздействует на гидроусилитель, в котором с определенной частотой создается гидравлическое давление масла, передаваемое через редуктор подвижному одноплечевому рычагу сварочных клещей. Рычаг, опускаясь, зажимает детали.

Нами описано управление сварочными клещами по одной координате. Подобно ей вторая цепочка управляет поворотом сварочных клещей, третья — движением руки и т. д. А для управле-



Рис. 21.

* Спыну Г. А., Тимошенко В. Г. Система обучения промышленного робота для контактной точечной сварки.— Автоматическая сварка, 1976, № 2.

ния исполнительным органом (рукой, кистью) по каждой координате есть своя цепочка управления, такая же, как на рис. 21.

Роботы-сварщики трудятся на ВАЗе, на Горьковском автомобильном и других заводах нашей страны. Производительность труда сварочных работ возросла вдвое, а стоимость их снизилась на 50—60%.

НЕОБЫКНОВЕННОЕ СОРЕВНОВАНИЕ

Однажды на одном из ленинградских заводов состоялось необыкновенное соревнование человека с ... роботом «Филя».

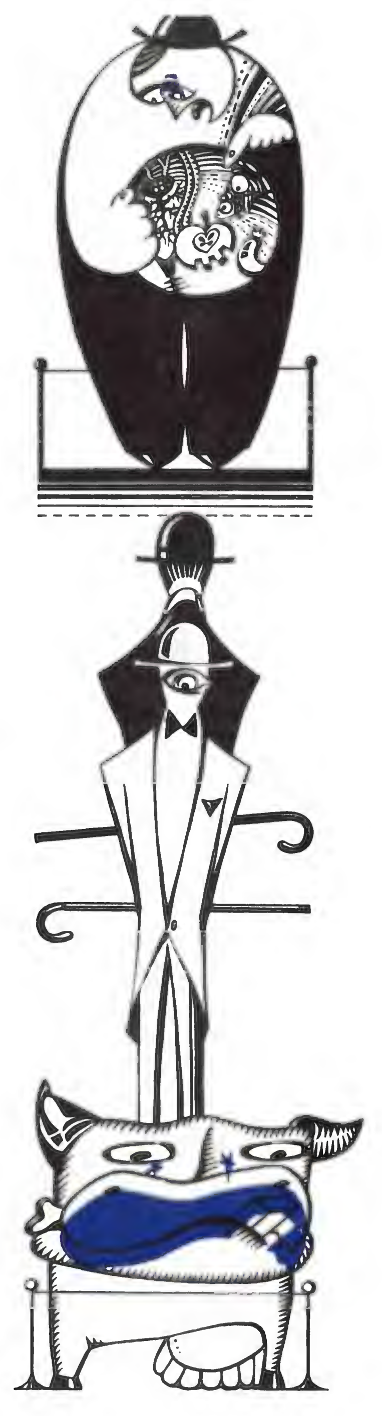
«Филя» все умел делать сам: подносил заготовки к станку, устанавливал их в патроне и закреплял, включал станок, обрабатывал заготовку, выключал станок, снимал деталь со станка. Затем все повторял сначала.

Соревнование закончилось победой робота. Он доказал, что может быть помощником человека и освоить ряд производственных операций. И выполнять будет их не хуже человека.

РОБОТ ВСТАЛ НА ТРУДОВУЮ ВАХТУ

На автозаводе имени Лихачева роботам поручено выполнять трудоемкие монтажные операции. На линии сварки кабины автомобиля ЗИЛ-130 трудится целое семейство механических помощников. Завод сам для себя создает роботов. Здесь есть центральная лаборатория, которая изучает технологический процесс и определяет, на каком именно участке, где можно установить робота и высвободить рабочего для выполнения более квалифицированного труда.

Предприятия объединения «АВТОВАЗ» тоже изготовили для себя десятки роботов, обучили их загружать станки,



укладывать под штамповочные машины раскаленные заготовки, сваривать и окрашивать кузовы автомашин.

Создание на заводах исследовательских лабораторий по изучению применения роботов, а также цехов по их изготовлению продиктовано жизненной необходимостью.

На автозаводах нашей страны робот встал на трудовую вахту.

ЕСЛИ СРАВНИТЬ РОБОТА С ЧЕЛОВЕКОМ

Биография робота «Юнимейт» (США) началась с 1963 г., когда был создан первый образец данного типа. Через 10 лет их уже было более 450 и они экспортировались во многие страны Европы и Азии. Робот «Юнимейт» (рис. 22) внешне подобен орудийной башне. Корпус *1* неподвижно устанавливается на полу. В нем спрятан блок управления *2*, а сверху находится подвижная башня *3*, которая вместе с рукой *4* может поворачиваться и наклоняться. На рисунке изображено запястье *5* и кисть со схватом *6*.

Сравним возможности робота «Юнимейт» со средними физическими возможностями человеческой руки.

Как видим, рука робота по своим возможностям почти не уступает руке человека, а по величине зажимного усилия даже

Рука робота может	Рука человека может
Радиально перемещаться по длине до 1067 мм	Перемещаться на расстояние до 600 мм
Перемещаться по вертикали (считая от пола) от 80 до 2300 мм	Перемещаться по вертикали до 2300 мм
Поворачиваться вокруг вертикальной оси до 220°	Поворачиваться вокруг вертикальной оси до 220°
Поворачиваться вокруг продольной оси на 180°	Поворачиваться вокруг продольной (горизонтальной или другой оси) до 190°
Перемещаться радиально со скоростью 762 мм/с	Перемещаться на расстояние вытянутой руки со скоростью до 6000 мм/с
Перемещаться по вертикали со скоростью 1270 мм/с	Перемещаться по вертикали со скоростью 7000 мм/с
Поворачиваться со скоростью 110 град/с	Поворачиваться со скоростью 110 град/с
Поднимать груз при пониженной рабочей скорости массой 34 кг, а при нормальной рабочей скорости — 11,3 кг	Поднимать груз при пониженной рабочей скорости массой до 50 кг, а при нормальной рабочей скорости— 30 кг
Имеет зажимное усилие на конце каждого пальца схвата 1360 Н	Имеет зажимное усилие пальцев кистей рук до 200 Н

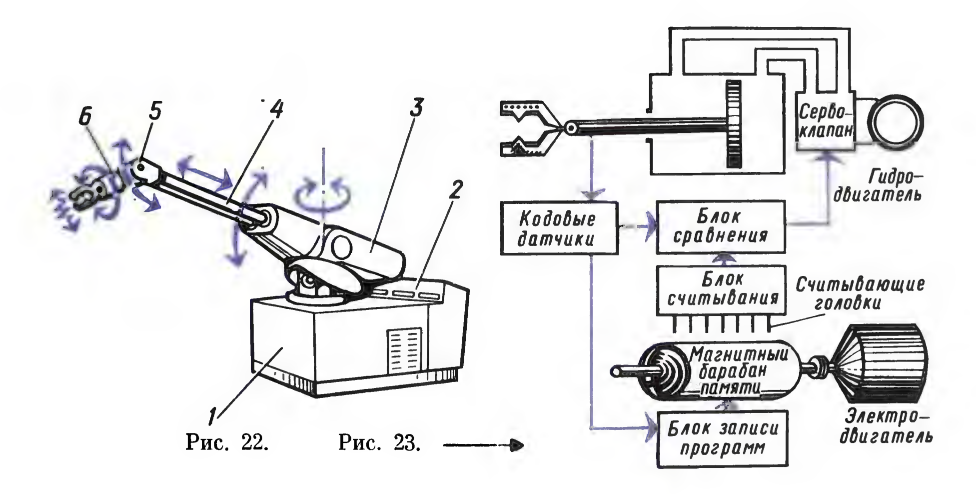


Рис. 22. Рис. 23. →

превосходит. И все-таки, несмотря на многие одинаковые показатели, рука человека намного превосходит руку робота — она более подвижная (одни пальцы ее обладают двадцатью степенями свободы). Рука человека обладает 27 степенями свободы и по линейной скорости радиального и вертикального перемещения намного превосходит руку робота, которая обладает всего лишь шестью степенями свободы и ограниченной линейной скоростью.

Однако робот может работать беспрерывно в течение двух-трех смен, что не под силу человеку. Он уступает роботу и по силе зажимного усилия. Пользуясь этим, можно поручать механическому помощнику человека выполнение тяжелой физической работы в течение продолжительного времени.

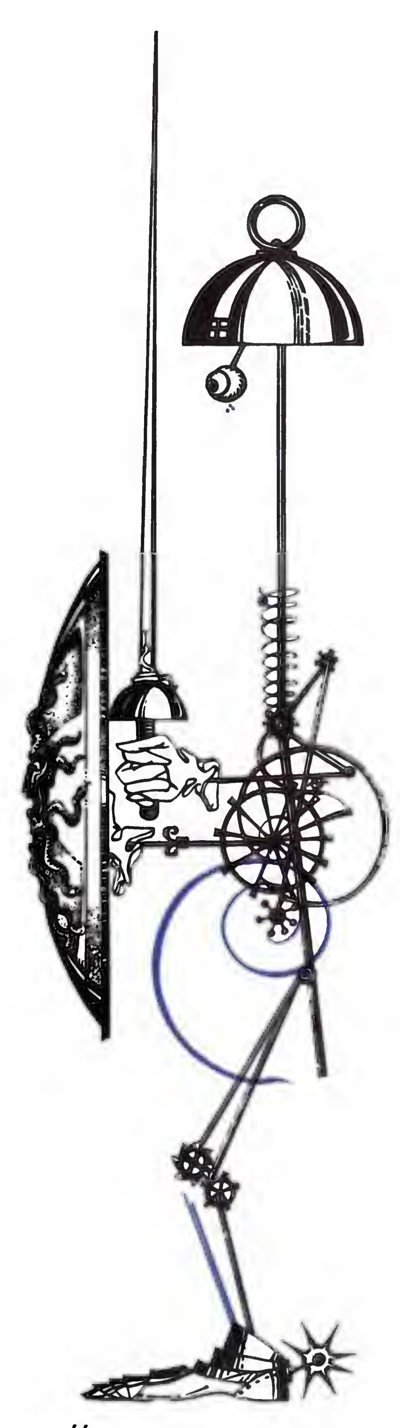
Особенно широко применяются роботы в автомобильной промышленности. Например, на сборке автомобильных колес они точно и надежно закручивают гайки, выполняя однообразную и монотонную работу. 25 роботов заменяют 46 рабочих и 4 мастеров.

ОБУЧЕНИЕ РОБОТА

Робот действует по программе. Вначале изучается траектория движения руки робота, затем он «обучается» и составляется программа его самостоятельной работы. Кратко рассмотрим этапы обучения.

Движения, которые должна совершить рука робота, изучаются при выполнении рабочей операции. Вся траектория перемещения руки делится на отдельные шаги. После этого приступают к «обучению» робота. С пульта оператор управляет. При каждом движении рука совершает путь, равный одному шагу.

Шаги, совершаемые рукой, фиксируются кодовыми датчиками (рис. 23) в виде цифр и передаются на блок записи программы.



Блок записи программы фиксирует на магнитном барабане памяти движения руки по всем пяти осям (три поступательные движения и два вращательные) в виде цифр на пяти дорожках. Каждое движение руки по одной определенной оси записывается на свою дорожку. После того как записан один шаг, приступают к записи другого и т. д. Заметьте, что робот запоминает с первого раза и удерживает в памяти до 180 команд столько времени, сколько это необходимо человеку.

Когда рука робота под руководством оператора проделала путь, т. е. обучилась, и в блоке памяти зафиксированы ее движения, робот может многократно, без оператора повторять движения рукой.

ЗАПОМНИЛ И МНОГОКРАТНО ПОВТОРИЛ

Рассмотрим работу системы управления роботом в автоматическом режиме. При вращении магнитного барабана памяти головки прочитывают цифры на нем и передают в блок считывания и далее в блок сравнения. Таким образом, в блок сравнения поступают числа от кодовых датчиков, которые информируют о действительном положении руки в пространстве, и из блока памяти, указывающие, какое положение в пространстве должна занимать рука согласно программе. В блоке цифры сравниваются. Если они одинаковые, то рука неподвижна, если разные,— блок сравнения вырабатывает управляющий сигнал, который поступает на сервоклапан. Сервоклапан регулирует подачу масла в одну из полостей исполнительного механизма типа цилиндр-поршень, вследствие чего поршень придет в движение и переместит руку в пространстве.

Мы описали схему управления рукой робота по одной координатной оси.

РОБОТ «МОЩНЫЕ ЧЕЛЮСТИ»

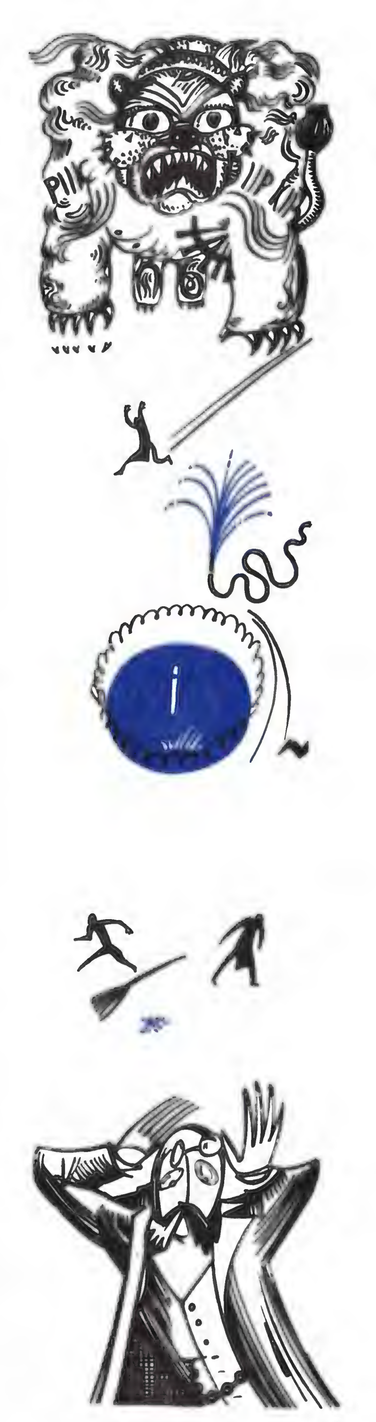
Коллектив ордена Трудового Красного Знамени Института сверхтвердых материалов Академии наук Украинской ССР 1 июня 1978 г. праздновал свой традиционный XIV день трудовой славы. В программе празднования — посещения музея истории трудовой славы коллектива, выставки «Сверхтвердые материалы и их применение в промышленности» и др. Экспонаты наглядно и убедительно говорили о большой заслуге института в разработке и становлении промышленного производства искусственных алмазов в нашей стране. В одном из залов посетители услышали обращенный к ним голос: «Уважаемые гости! Приветствую Вас в Институте сверхтвердых материалов Украинской Академии наук.

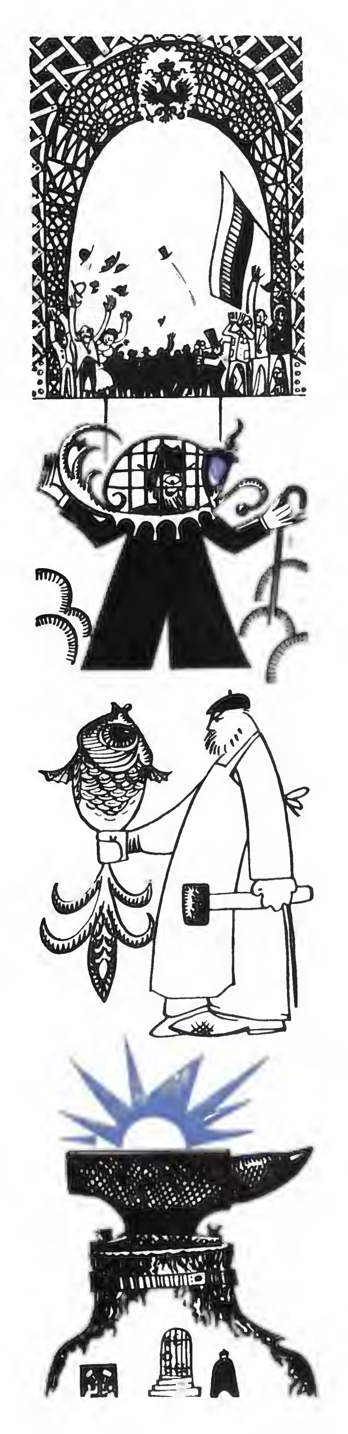
Разрешите представиться — я первый в мире робот, превращающий обычный графит в алмаз. В моей правой руке — камера высокого давления, снаряженная реакционной смесью графита и растворителя. Я сжимаю камеру своими мощными челюстями, развивающими давление в 9,8 ГПа и нагреваю смесь до температуры свыше 1200°. Это приводит к растворению углерода и его кристаллизации. В результате получается алмаз.

Внимание! Приступаю к синтезу алмаза. Создаю давление в камере».

На глазах у присутствующих робот сильной рукой отправил в рот маленький контейнер со смесью. Спустя 10 с у него на ладони был искусственный алмаз. Робот наглядно продемонстрировал способ получения искусственных алмазов.

На груди у робота эмблема института и прибор, измеряющий давление в килобарах. На месте карманов — амперметр и прибор для измерения температуры. В левой руке чемодан-динамик.





В чем же заключается тайна силы робота? Как ему удается создать такое высокое давление и температуру? Внутри его помещен малогабаритный гидравлический пресс. Он и создает давление, а индукционная катушка нагревает порошок до температуры 1200°.

В заключение робот прощается с посетителями:

«Дорогие гости! Я открыл Вам свою заветную тайну...

Благодарю за внимание. Всегда готов к Вашим услугам».

У робота есть брат. Из Киева он переехал на постоянное жительство в Москву в Политехнический музей. Оба они наглядно убеждают посетителей в огромных достижениях советской науки и техники.

ЗОЛОТАЯ МЕДАЛЬ РОБОТА

В изготовлении колбас особенно трудоемким является процесс наполнения оболочки фаршем, утомительный своим однообразием и монотонностью. Одеть оболочку на оправку шприца, включить шприц-машину, перевязать конец колбасного батона... И так 7 часов смены ежедневно.

На мясокомбинаты нашей страны пришли роботы, избавившие рабочих от однообразного труда.

Знакомьтесь — робот-шприц (рис. 24). Он сам себя заправляет фаршем, наполняет фаршем оболочку, перекручивает наполненную оболочку, автоматически пережимает и накладывает скрепку. Его можно настроить и на такую работу, как наполнение консервных коробок и стеклянных банок.

Робот 3000S — это высокопроизводительный вакуумный шприц *1* для непрерывного наполнения оболочки фаршем. С ним агрегатируется автомат *2*, который накладывает металлические скрепки на концы колбасных

изделий, а также отрезает батоны (оболочки, наполненные фаршем).

На тележке *7* к роботу подвозится фарш. Робот подъемным механизмом *5* захватывает тележку с фаршем и опрокидывает ее содержимое в свой бункер *4*. В станине робота *6* спрятан вытеснительный механизм, подобный домашней мясорубке. В механизме имеется два шнека, вращающиеся навстречу друг другу.

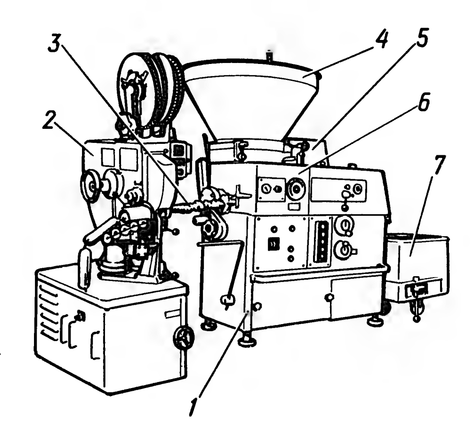


Рис. 24.

Механизм вытесняет фарш в оболочку, предварительно надетую на трубчатую оправку *3*. Из фарша по всему его сечению вакуум-насосом отсасывается воздух, чтобы он не мешал заполнению оболочки. Как только оболочка до определенной длины заполнилась фаршем, включается перекручивающее устройство. Батон несколько раз перекручивается. При изготовлении вареной колбасы с длиной батона 60 см автомат пережимает, т. е. защемляет его конец и накладывает металлическую скрепку или перевязывает шпагатом. Затем отсекательный нож отрезает колбасный батон, который направляется дальше в пароварочную камеру. Автомат работает синхронно со шприцем. Он имеет электромеханический привод, устройство заправки металлической ленты для изготовления скрепок и заправки шпагатом. Отсекательный нож приводится в движение пневматическим двигателем, снабжаемым воздухом от компрессора.

Робот собирают из унифицированных узлов, деталей и машин, что создает возможность собирать миниатюрные автоматические линии. Если его соединить с расфасовочным автоматом, образуется небольшая автоматизированная линия для наполнения жестяных и стеклянных банок мясопродуктами, подготовленными для консервирования.

На одной из весенних ярмарок в Лейпциге робот был удостоен золотой медали.

ЧЕТЫРЕХРУКИЙ РОБОТ

На рис. 25 изображен робот, который может одновременно работать четырьмя руками. На колонне *1* смонтирована поворотная крестовина *4* (из четырех крест на крест соединенных трубок). Каждая трубка служит рукой, которая оканчивается схватом *3*. По гибким трубкам *2* к рукам подается сжатый воздух.

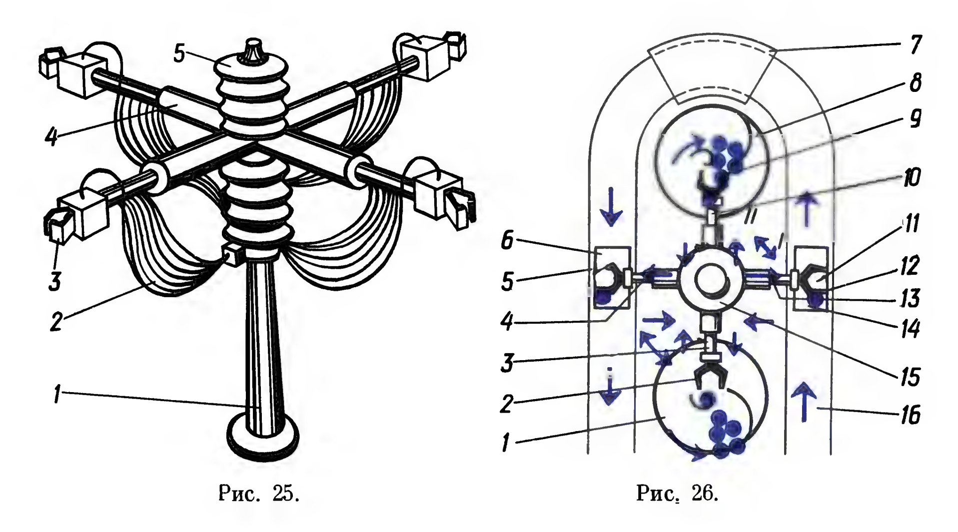


Рис. 25. Рис. 26.

Под резиновым чехлом *5* над и под крестовиной находится система управления роботом. Высота конструкции 600 мм, масса 50 кг. Робот устанавливают на столе или на металлической тумбе. Максимальный радиус выдвижения руки равен 650 мм, скорость радиального перемещения — 0,1 м/с, грузоподъемность — 5 Н, поворот рук осуществляется на 90°.

МЕХАНИЧЕСКИЙ ПОМОЩНИК У КОНВЕЙЕРА

Робот * обслуживает одновременно два сверлильных станка; подает детали и убирает их после окончания обработки. Может обслуживать и окрасочные автоматы: устанавливать на конвейере детали, направляемые на окраску, и убирать их после окраски. Он может работать укладчиком изделий в коробки, ящики или сборщиком возле машин.

Как работает робот, лучше всего рассмотреть на кольцевом участке производственного конвейера (рис. 26). Четырехрукий робот *15* работает в комплекте с конвейером *16*, двумя вертикально вращающимися подъемниками *8* и *1* со спиралевидными полками и окрасочным автоматом. Подъемники *1* и *8* подают детали к роботу и убирают их после окраски. Камера *7* окрасочного автомата расположена на повороте конвейера.

Опишем действия робота в положении I (рис. 26). Он рукой *13* со схватом *12* установил деталь *11* на подставку *14*. Рука *3* схватом *2* взяла деталь с полки подъемника *1*. Рука *4* схватом *5* взяла окрашенную деталь с подставки *6* на конвейере, а рука *10* схватом *9* установила окрашенную деталь на подъемник *8*.

---

* Разработан ОКБ технической кибернетики Ленинградского политехнического института имени М. И. Калинина.

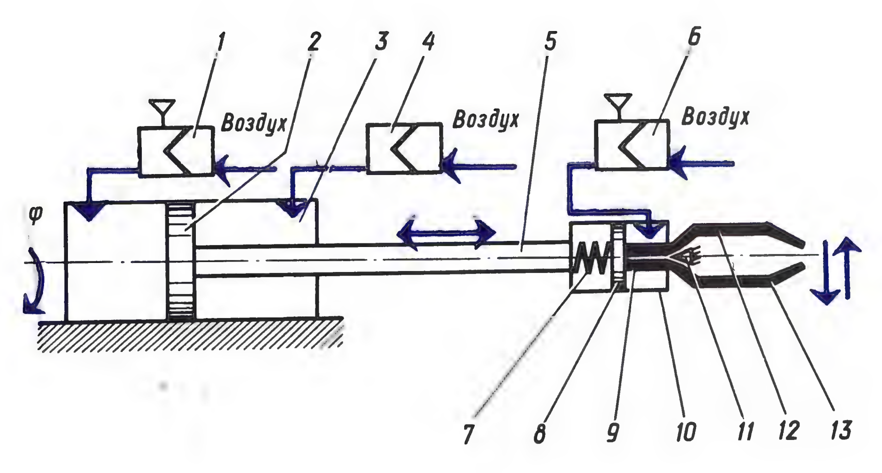


Рис. 27.

После этого деталь *11* направляется конвейером в камеру для окраски, а руки робота поворачиваются на угол 90°, т. е. в положение II. При этом рука *13* отправляется за деталью к подъемнику *8*. В то же время рука *3* заняла положение, занимаемое ранее рукой *13*, и установила деталь для окраски на конвейере. Рука *4* перенесла окрашенную деталь с подставки *6* на подъемник *1*, а рука *10* стала на место руки *4*, чтобы взять окрашенную деталь.

Затем руки вновь поворачиваются на угол 90°, в положение I. Теперь уже рука *13* установила деталь на конвейере, а рука *3* вернется за деталью к подъемнику *1*. Рука *4* уберет окрашенную деталь с конвейера на подъемник *8*, и все повторится сначала.

ДВИЖЕНИЕ РУКИ РОБОТА

На рис. 27 изображен пневматический привод горизонтального перемещения руки. Он состоит из цилиндра *3* и поршня *2*. В обе полости цилиндра поочередно подается сжатый воздух от пневмоусилителей *1* и *4*. При этом рука *5* совершает возвратно-поступательные движения. На правом конце руки размещен привод захвата. Он также, как и привод руки, состоит из цилиндра *10* и поршня *8*, который через шток *9*, состоящий из двух частей, связан с пальцами *12* и *13* захвата.

Пружина *7*, которая расположена внутри цилиндра, заставляет поршень находиться в правом положении. Шток также занимает правое положение, при этом он своими двумя половинками раздвинулся, наткнувшись на упор *11* и разжал схват. Пальцы сжимаются, если через пневмоусилитель *6* в правую полость цилиндра поступает сжатый воздух. Поршень *8*, сжимая пружи-

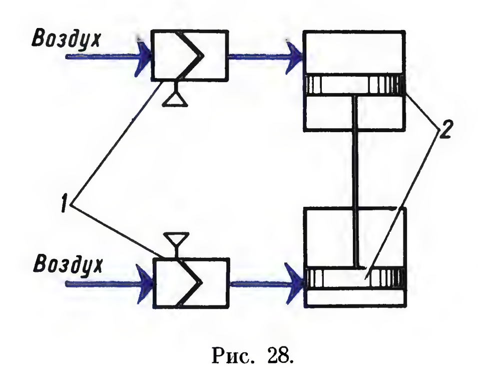


Рис. 28.

ну 7 передвинется в левое положение, половинки штока, сползая с упора 11, сдвинутся. Пальцы сожмутся, удерживая какой-либо предмет.

Пневматический привод 2 вращения кисти изображен на рис. 28. Он состоит из двух цилиндров и связанных между собой штоков. Воздух подается из пневматических усилителей 1 поочередно то в один, то в другой цилиндр. При этом шток совершает возвратно-поступательные движения. На штоке укреплена зубчатая рейка, сцепленная с зубчатым колесом, которое жестко соединено с кистью. При каждом перемещении штока кисть вращается в ту или другую сторону.

СКОЛЬКО ПАЛЬЦЕВ У РОБОТА?

Рука робота оканчивается схватом, форма и размеры которого зависят от размеров деталей, формы и материала, с которыми он работает. Она переносит металлические заготовки и стеклянные изделия, ящики и детали к часовому механизму, стальную стружку и листы картона и многое другое. Схват пальцами зажимает деталь. Сколько же пальцев у робота? Робот «УМ-1» имеет два пальца, «Спрут-1» и РБ-50 — четыре, робот-шприц — три, а робот-упаковщик ни одного. На рис. 29 изображены различные типы схватов с пальцами. На рис. 29, *а*,— рычажная конструкция схвата с двумя пальцами. Палец — это рычаг с точкой опоры в виде стержня, закрепленного в треугольной пластине. Шток пневматического цилиндра, воздействуя на рычажную систему, заставляет губки сходиться при зажиме детали или расходиться при разжиме. Схват переносит втулки, валики, трубчатые детали, зажимая их между пальцами.

Схват, изображенный на рис. 29, *б*, похож на клюв птицы. Пальцы сжимаются пружиной *1*, а разжимаются металлической распоркой *2*, которая приводится в движение пневмоприводом. Работает с деталями массой до 1,5 кг.

Схват, приведенный на рис. 29, *в*, предназначен, главным образом, для переноса цилиндрических деталей массой до 5 кг. Привод электромеханический.

Листы бумаги в типографии, картон, металлические тонкостенные пластинки, листы стекла на предприятиях переносит механическая рука без пальцев. Она оканчивается чашкой-присоской *1* (рис. 29, *г*). Воздух из чашки откачивается по шлангу *2*.

Электромагнитные схваты (рис. 29, *д*) имеют один, два или

четыре магнита. Работают с деталями, обладающими магнитными свойствами.

На рис. 29, *е* изображен схват с четырьмя пальцами из эластичного материала. Они надувные и по форме напоминают пальцы человека в момент небольшого напряжения. Хорошо обхватывают предмет манипулирования. Силу сжатия можно регулировать. Схват с надувными пальцами используется для перекладывания цилиндрических и прямоугольных предметов.

Вилкообразный схват (рис. 29, *ж*) крепится к концу механической руки. Им поднимают емкие предметы: рулоны бумаги. ящики, коробки и т. п.

Мы привели только некоторые типы схватов с пальцами. В практике используются самые разнообразные схваты, сменные. Перенастроить робот на перемещение тех или иных изделий можно заменой сменных схватов.

Итак, ответить на поставленный нами вопрос нельзя однозначно. Ибо количество пальцев, их форма и размеры, вид материала для их изготовления зависит от деталей, с которыми работает робот, от их массы, формы и размеров.

И все же, чаще всего, у робота два пальца.

РОБОТ «СТАРШИЙ» И РОБОТЫ «МЛАДШИЕ»

Место робота в цехе зависит от производства. При обслуживании группой роботов поточной автоматизированной линии каждому из них находится работа, только одним менее квалифицированная (выполнение транспортных операций, передвижение деталей от одного станка к другому, обслуживание станков), другим — операции высокой точности. Первых назвали «млапшими»,

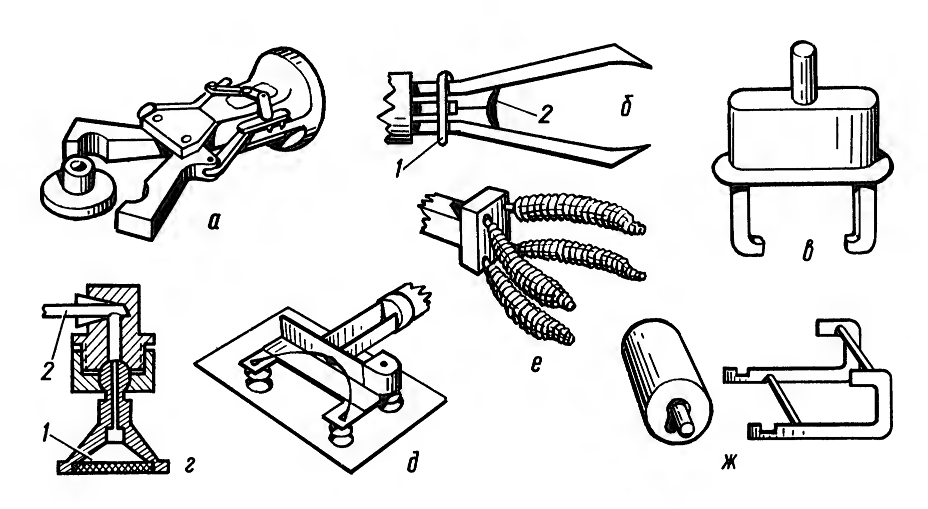


Рис. 29.

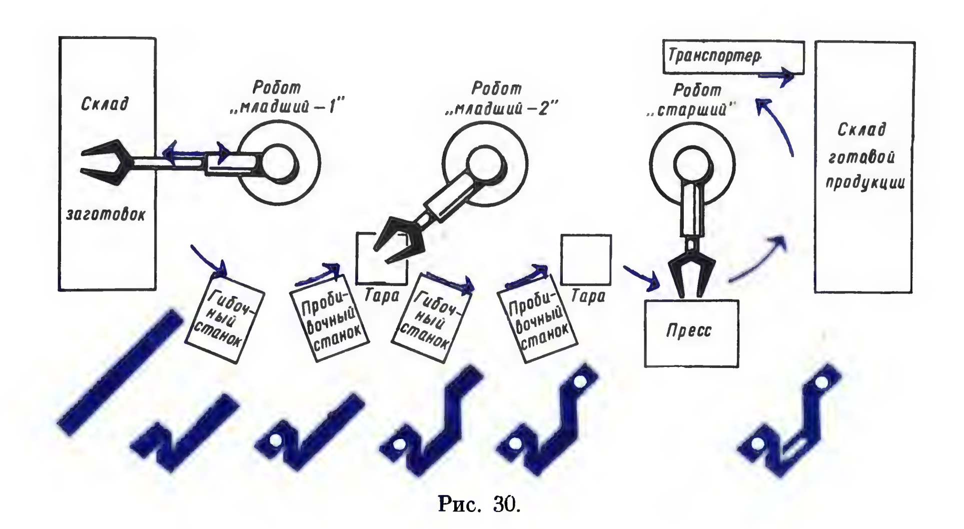


Рис. 30.

которых,— «старшими». На рис. 30 изображена схема участка цеха, который выпускает детали с тремя отверстиями. Станки в цехе размещены вдоль линии. Обслуживают ее три робота: два «младших» и один «старший». Транспортный робот «младший-1» со склада доставляет заготовку — стальную полосу к гибочному станку. После гнутья одной лапы он подает полосу к пробивочному станку, для пробивки в ней отверстия. Когда операция окончена, механическая рука кладет заготовку в ящик-тару, а сама возвращается в склад за новой заготовкой.

Робот «младший-2» заготовку из ящика подает на гибочный станок для гнутья другой лапы. Затем на пробивочный станок для пробивки в ней отверстия. Далее механическая рука робота «младшего-2» кладет заготовку в тару и возвращается за другой.

Робот «старший» захватывает из ящика-тары заготовку и подает ее на пресс. Пресс пробивает в ней фигурное отверстие. Транспортер отправляет деталь в склад готовой продукции. А продукция — это детали, которые идут на сборку... промышленных роботов. Итак, роботы делают роботов.

РОБОТ-МАЛЯР

Конечная операция в изготовлении некоторых деталей — покрытие их краской, металлом или другими веществами. На производстве автоматизировали и эту операцию. На рис. 31 изображен робот-маляр *. К краскопульту *1* из гидравлического устройства по шлангу *2* насосом подается краска, а по шлангу *3* от компрессорной установки поступает сжатый воздух.

* Марки Мицубиси — Ивата (Япония).

Робот-маляр ловко манипулирует краскопультом. Рука поворачивает краскопульт под требуемый угол наклона по отношению к окрашиваемой поверхности, направляя струю распыленной краски в нужное место. Движения руки робота не отличаются от действий маляра. Она работает точно по программе, предусматривающей минимальный расход краски, высокое качество окраски и выполнение работы в минимальное время.

Робот-маляр автоматизировал процесс окраски, повысил качество покрытия и освободил человека из вредной зоны. В капиталистических странах робот, заняв место мастера-маляра, вытеснил его из производства и... тот оказался на улице, за воротами предприятия. Роботы сборщики и сварщики, подсобники и маляры вытесняют рабочих из частных предприятий, увеличивая армию безработных, которая непрерывно растет в странах капитала; только в США она достигла нескольких миллионов человек. По мнению некоторых зарубежных ученых, по мере расширения области применения роботов уровень безработицы к 2000 году может достигнуть 30%. Безработица давно стала национальным бедствием этой крупнейшей капиталистической страны.

Фирмы, концерны, монополии Морганов, Рокфеллеров, Фордов, Дюпонов заменяют рабочих роботами. Ведь механические «люди» не требуют улучшения условий труда, повышения заработной платы. Не жалуются в профсоюз и не бастуют, а работают в 2—3 смены на вредных для здоровья человека производственных участках. Магнаты-капиталисты больше обогащаются, внедряя на своих предприятиях безмолвных, равнодушных механических тружеников. Это сулит прибыли. Миллионы безработных, семьи без крова и пищи не волнуют капиталистов.

Естественно, внедрение роботов в промышленность вызывает у народа отрицательную реакцию. Раздаются голоса за запре-

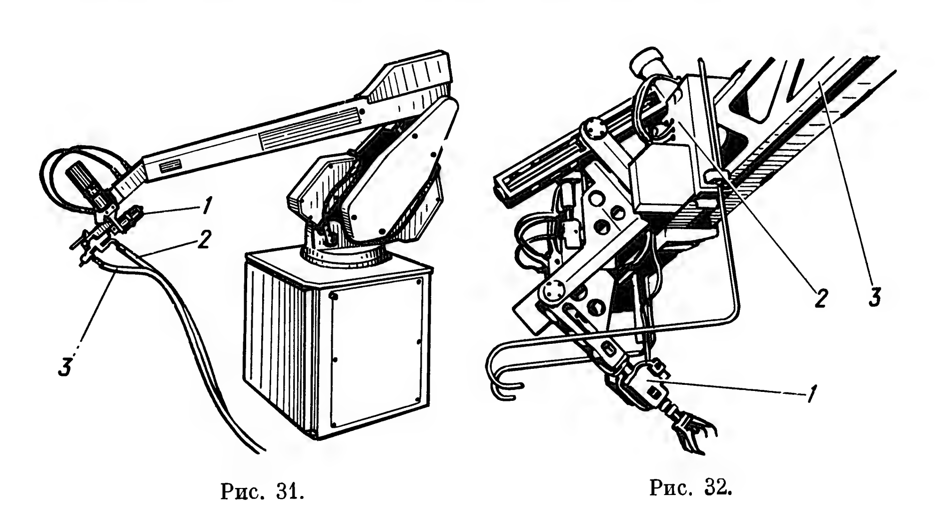


Рис. 31.

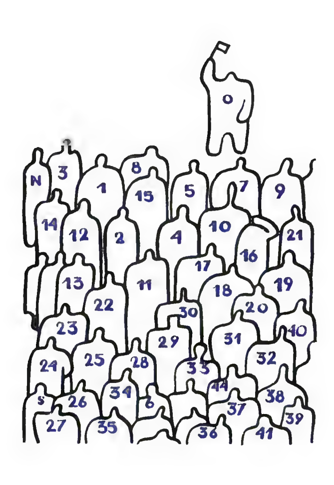
Рис. 32.



щение изобретений, стабилизацию развития техники и науки. Однако причина необеспеченности работой за рубежом не в этом. Она — в самой системе капиталистического строя, в частном владении заводами и фабриками, в неплановом развитии капиталистического общества, в варварской эксплуатации трудящихся ради обогащения миллионеров и миллиардеров.

РОБОТ-КОНТРОЛЕР

Снята последняя стружка. Деталь готова. Наступила контрольная операция. Иногда количество замеров настолько велико, что время, затрачиваемое на контрольные операции, превышает время изготовления детали. Пока вручную проверяются размеры деталей, шероховатость поверхностей, оборудование простаивает. Поэтому возникла необходимость автоматизировать контрольные операции. В цех приехал робот-контролер (рис. 32) модели ЦРВ-50. Рука *1* с электрогидравлическим приводом соединена с кареткой *2*, которая может перемещаться по монорельсу *3*. Робот обладает большими функциональными возможностями. Если в его схвате укреплен контрольно-измерительный инструмент, то робот становится контролером: проверяет правильность установки заготовки в патроне станка или контролирует диаметр обработанной детали. Если укрепить щетку,— он сможет сметать стружку и удалять грязь. А еще может помочь токарю установить в патроне 50-килограммовую заготовку и снять ее со станка. Взять на складе заготовку и подвести ее к месту обработки, замерить размеры и сложить детали в тару.



Какие качества ценятся у робота? В семействе механических помощни-

ков более ценен универсальный, т. е. тот, который имеет дело с деталями из разных материалов, размеров и конфигурации. Важным фактором является стоимость робота, его грузоподъемность и габариты. Лучшим считается тот, который обслуживает больший участок поверхности или объем пространства. Инженеры-роботостроители добиваются простоты конструкции, нужной подвижности, а также удобства составления и ввода программы в машину.

Робот ЦРВ-50 вместе со станками, с транспортером деталей и автоматизированным складом образует автоматизированный комплекс. Связанные между собой комплексы образуют поточную линию.

Иные типы роботов-контролеров производят разметку заготовок и изготавливают перфоленту для станков с программным управлением. Они даже могут проверить работу других роботов и сообщить о результатах контроля световым сигналом, напечатать на машинке или показать на экране.

РОБОТ ТИПА «РУКА»

Каждый промышленный робот специализирован на выполнении определенной работы, которая определяет его конструкцию, габариты, степень подвижности, количество рук и пальцев на руке, грузоподъемность, точность работы и т. д.

Независимо от того, стоит ли робот возле станков, передвигается между ними или ползает под потолком, у него всегда мощная механическая рука с двумя или четырьмя пальцами. Роботы общим видом, габаритами и техническими характеристиками отличаются друг от друга, но у них есть общие узлы, которые и объединяют их в клан типа «рука». На рис. 33 изображена блок-схема робота этого типа *. Рукой управляет оператор с пульта или «мозг» робота — ЦВМ. Блок памяти — это программа, которую помещают в него или которую он приобретает во время обучения.

Общий блок управления электрическими, гидравлическими или пневматическими двигателями, расположенными в плече руки, предплечье,

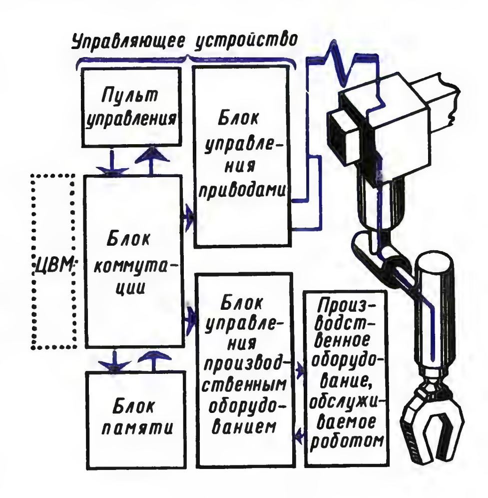


Рис. 33.

* Юревич Е. И. Функциональные схемы роботов трех поколений.— Известия Академии наук СССР. Техническая кибернетика, 1974, № 6.

в кисти, содержит цепочки блоков для управления движением руки по каждой из координатных осей. Сколько степеней свободы у руки (5—6), столько и цепей управления.

РОБОТО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС

Робот, став возле станка, согласовывает свою работу с обслуживаемым технологическим оборудованием. Движения руки точные, повороты строго рассчитаны по времени. Робот с оборудованием образовал автоматизированную ячейку. Из ячеек составляются робото-технологические комплексы РТК или линии РТЛ.

Основные операции производятся технологическим оборудованием, вспомогательные, т. е. транспортные,— роботами. В промышленности идет бурный рост РТК. Например, на одном из предприятий Рыбинска создан РТК, предназначенный для холодной штамповки деталей. Он состоит из пресса, робота, вибробункера и наклонного лотка. Производительность комплекса составляет 10 деталей в минуту, в то время как на изготовление одной детали вручную рабочий затрачивает 5—7 минут.



РОБОТ ПРИОБРЕТАЕТ НОГИ

МАШИНА С НОГАМИ

История шагающего робота начинается с попыток человека приделать машине ноги. На рис. 34 изображен паровоз Брунтона с «ногами» (1813 г.). Механизм с двумя ногами *2* и *3* был расположен сзади паровоза. Поршневой шток *1* приводил в движение механизм ног. Ноги паровоза, подражая ногам лошади, отталкивались от земли, заставляя колеса катиться по рельсам.

Трехколесному паровозу Гордона в 1824 г. приделали три пары металлических ног. Поочередно переставляясь, они не обеспечивали паровозу и половины средней скорости пешехода. Конечно, такая скорость не могла удовлетворить даже пассажира прошлого века.

Паровозы с ногами, так же как и другие несовершенные конструкции, не имели успеха. Недостаток знаний у изобретателей шагающих машин, медленное развитие науки были существенным тормозом в создании приемлемых шагающих устройств.

СТОПОХОДЯЩАЯ МАШИНА ЧЕБЫШЕВА

Заинтересовались шагающими машинами и наши соотечественники. Известный русский математик П. Л. Чебышев изобрел стопоходящую машину (рис. 35). Корпус *5* планками связан с ногами *1*, *2*, *3* и *4*. Четыре ноги: две правые (*1* и *4*) и две левые (*2* и *3*) обеспечивали передвижение.

Принцип действия стопоходящей машины П. Л. Чебышева использован в современных экскаваторах большой грузоподъемности.

КОМУ НУЖНЫ ШАГАЮЩИЕ РОБОТЫ?

Ученые СССР, США, Югославии, Италии и ФРГ особенно последние 15 лет интенсивно изучают движения человека и животных, разрабатывают физические модели ходьбы. Зачем? Кому нужны роботы с ногами? Шагающие роботы нужны прежде всего промышленности. Будут ли они шагать, ездить или иметь какие-либо другие средства передвижения, суть не в том. Ведь на Земле не все известно. Есть еще уголки неосвоенные или малоизученные — тайга, джунгли, горы, ущелья, пустыни, болота. В их недрах есть нефть, газ, ценные металлы.

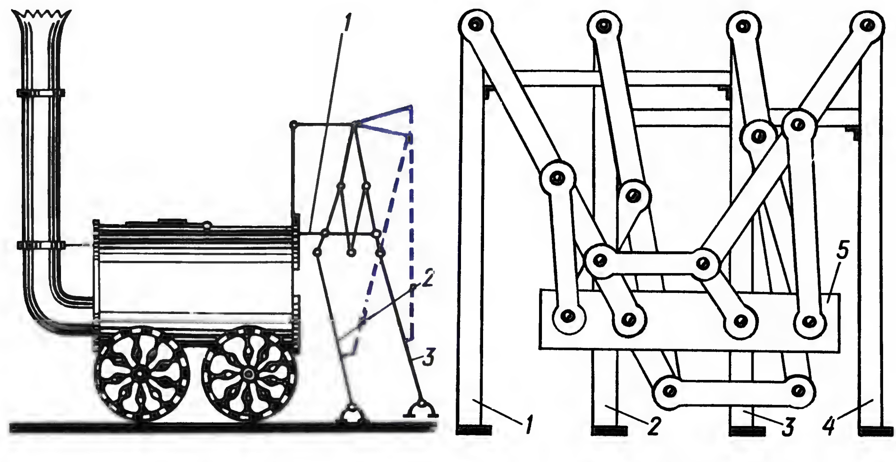


Рис. 34. Рис. 35.

Немного груза на себе унесет геолог разведочной партии, уходя на месяцы в тайгу. Ведь нести на себе нужно инструменты, палатку и пищу, а на обратном пути еще и образцы горных пород. Помогают четвероногие, но они требуют кормов, времени на уход и т. д. Не всегда могут помочь и вертолеты: в густых зарослях или болотах машину не посадить. Представьте себе геолога, а рядом с ним шагающего механического осла. Ни камни, ни кочки, ни густые заросли или ручей ему не помеха. Пищи он не требует, отдыха тоже, а управлять им можно так же, как «Способным Геркулесом».

Морское дно, океанские глубины давно ждут шагающих машин — подводных геологов, передвижных подводных научных лабораторий, роботов-монтажников подвижных сооружений, самоходных уборочных машин морских водорослей, роботов-зоологов подводных рыбных ферм.

Кроме земных, назрели и космические потребности. Не всюду по поверхности Луны может пройти луноход. В лунной пыли утопают колеса. Передвижение затруднено. На других планетах из-за пылеобразной поверхности, как на Марсе, предположительно — на Сатурне и других планетах, колесной паре вообще не проехать. Нужны роботу ноги, которые могли бы передвигаться по пылеобразному грунту. Ученые сейчас работают над созданием вездепроходимого быстроходного шагающего робота.

Освоение планет Солнечной системы и поиск инопланетных цивилизаций немыслим без робота с ногами.

Каким должен быть шагающий робот? Сколько ему нужно ног? Какие ноги? Колеса, гусеницы, стопоходящие конечности? Как управлять такой сложной конструкцией? Эти и подобные вопросы стоят перед учеными — создателями шагающих роботов. У кого учиться, с кого брать пример?

Ученые и инженеры обратились к природе. Изучают анатомию животных и их поведение, особенности ходьбы. Но прежде всего начали с углубления знаний о себе, с изучения своей собственной ноги.

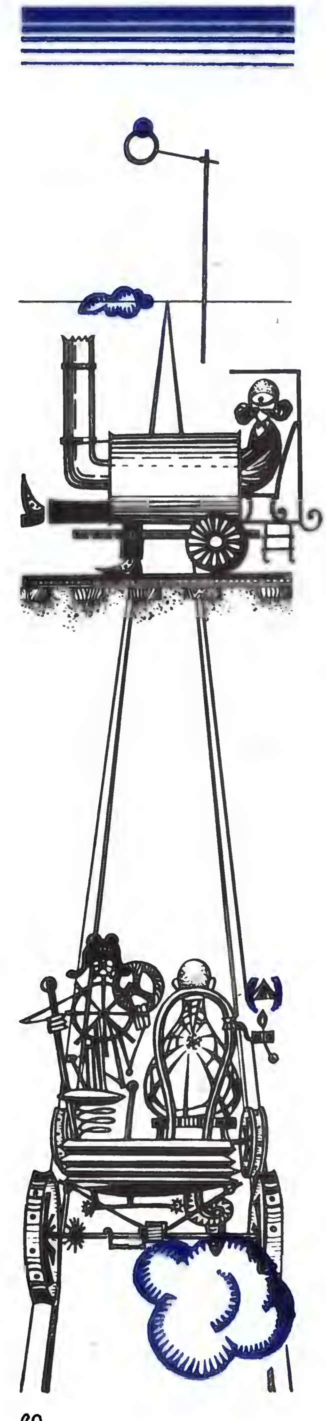
ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ СВОЮ НОГУ?



Идет человек. Уверенная поступь, надежная устойчивость, большая подвижность, высокая управляемость ходьбой. Задумывались ли вы над своим движением? Конечно, нет, а роботостроители задумались.

Строение человеческой ноги знакомо вам из школьного курса анатомии и физиологии человека. Суставы имеют такую форму, при которой все усилия равномерно распределяются по поверхности сочлененных пар. Кости в сочленениях смачиваются синовиальной жидкостью, вследствие чего трение между костями небольшое. Вязкость смачивающей жидкости между суставами непостоянная и зависит от нагрузки. Кости обладают высокой прочностью, упругостью и жесткостью. Ноги человека обладают отличными механическими и динамическими характеристиками. Они обеспечивают человеку высокую подвижность: повороты, прыжки на одной и двух ногах, приседание и многие другие способы движения. Удивительные возможности имеет человеческая нога! Это обстоятельство и направило поиски инженеров прежде всего на изучение ноги человека и животных, а затем на разработку конструкции стопошагающего робота. Но трудности на пути создания такой конструкции большие. Они особенно осложняются трудностью создания системы управления.

При ходьбе в движении участвуют



около восьмисот мышц. Они обеспечивают скелетную активность. Движение рук обеспечивают 52 пары мышц, ног — 62, спины — 112, груди — 52, таза — 8, шеи — 16, головы — 25 пар мышц и т. д. *. Нервная система справляется с координацией движений, как дирижер в оркестре, получает информацию от каждой мышцы и посылает ей управляющие импульсы.

Ноги человека совершают сложное и высокоавтоматизированное движение. Если бы робототроители пошли по пути создания шагающего робота с механизмом передвижения по подобию человека, тогда пришлось бы создать систему, которая управляла бы восьмистами исполнительными механизмами одновременно. Причем система должна была управлять быстро, надежно и точно. А для того чтобы управлять, нужна информация о состоянии каждой мышцы. Это пока неосуществимо на практике из-за чрезвычайной сложности.

В поисках более простого решения ученые обратились к животному миру. Чья нога лучше? С какой взять пример для конструирования шагающего робота?

Наша нога — не самая совершенная живая «конструкция». Присматриваются ученые к «живым конструкциям», изучают их и стараются воспользоваться секретами природы.

Удивительную способность имеет аист: часами может стоять на одной ноге. Не вязнет нога верблюда в труднопроходимом для человека песке знойной пустыни. Необыкновенными прыгающими способностями обладает лягушка. Ловко прыгают с ветки на ветку белки и обезьяны. Преодолевает ущелье горный козел. А кузнечик и кен-

---

* Вукобратович М. Шагающие роботы и антропоморфные механизмы. М., Мир, 1976.

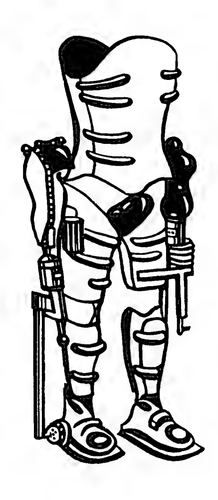


Рис. 36.

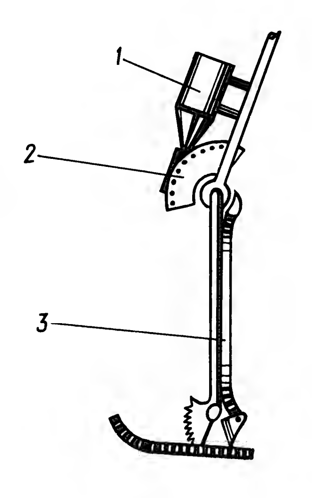


Рис. 37.

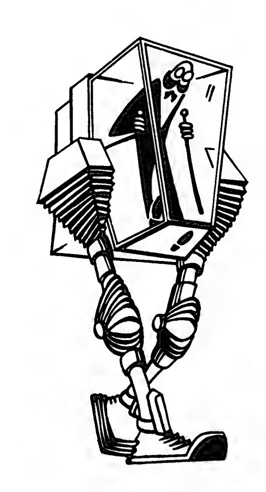


Рис. 38.

гуру в прыжке управляют направлением посадки: кузнечик крылышками, а кенгуру хвостом.

Какая необыкновенная подвижность, маневренность и реакция на опасность у мышей и ящериц!

А некоторые млекопитающие обладают удивительной универсальностью в передвижении. Крокодилы, черепахи и пингвины умеют ходить и плавать, а тундровая птичка краснозобик летает, ходит и плавает. Выходит, что наша нога не самая совершенная.

Исследуют животных во многих лабораториях научных институтов. Длительное время изучают органы движения млекопитающих и в лаборатории бионики Института зоологии АН УССР. Ученые ознакомились со строением скелетов животных, получили механические характеристики костей, исследовали передачу усилий в суставах, узнали о материалах, из которых они «изготовлены».

ШАГАЮЩИЙ ДВУНОГИЙ АВТОМАТ

На рис. 36 изображена двуногая шагающая машина * для восполнения двигательных возможностей людей с ампутированными нижними конечностями. Это металлический каркас, который надевает больной. Звенья машины подобны костям и суставам человека, оснащены пневмоприводами (заменителями мышц) и системой датчиков, сигнализирующих о положении суставов. Аппарат снабжен портативным программным устройством, которое обеспечивает устойчивую человекоподобную ходьбу. Это

* Сконструирована в Институте автоматики и телесвязи имени М. Пупина в Белграде под руководством доктора технических наук, проф. М. Вукобратовича.

первая реально работающая конструкция двуногого шагающего автомата.

Кратко о ноге шагающего автомата. Двигаясь с места, мы прежде всего подымаем пятку, сгибая колено, переносим стопу, а затем повторяем все сначала. Те же фазы движения и у ноги шагающего автомата. На рис. 37 изображен электромеханический привод коленного и голеностопного шарниров. Работает он по программе: двигатель *1* приводит в движение стопу через червячную передачу *2* и стержень *3*. Система микровыключателей на ноге управляет электродвигателем, который сгибает и разгибает колено.

ДВУНОГИЕ И ЧЕТВЕРОНОГИЕ ШАГАЮЩИЕ МАШИНЫ

В лабораториях ученых ряда стран разработаны проекты различных вариантов шагающих машин. На рис. 38 дано изображение одной из таких. Две огромные ноги воспроизводят движения, близкие к естественным. Они переносят кабину, высоко поднятую над полом. Оператор управляет ногами шагающей машины, воздействуя руками и ногами на рычаги управления.

На рис. 39 изображена четвероногая машина. Оператор в кабине управляет движением ног машины, заставляя ее передвигаться по бездорожью, где не пройти ни колесу ни гусеничному транспорту. Обратите внимание: ноги машины движутся в таком порядке, как у лошади. Четвероногая платформа способна нести груз в 10—15 раз больше, чем может поднять человек. Но машина неудобна в управлении — руки и ноги оператора все время заняты.

ДВУХОПОРНЫЙ ШАГАЮЩИЙ АППАРАТ

Этому шагающему аппарату не страшны речки и горные пропасти. Он легко преодолевает препятствия. Шаг у него больше, чем у любой ранее рассмотренной нами машины.

Двухопорный шагающий аппарат * с перемещающимся центром тяжести изображен на рис. 40. Аппарат состоит из штанги *2*, двух опор *1* и *4* и управляющего блока *3*. Штанга с опорами соединена цилиндрическим шарниром.

В управляющем блоке находятся пульт управления, системы информации и управления. Он составляет 80% массы всего аппарата. Управляющий блок подвижный. Перемещаясь вдоль штанги, он изменяет место центра тяжести шагающего аппарата.

На рис. 40 показано, как шагающий аппарат преодолевает горную пропасть. До начала движения обе опоры аппарата находились на правой стороне пропасти. Вначале блок переместил-

---

* Катыс Г. П., Мельниченко И. К. Шагающее устройство для перемещения информационных приборов (Ав. свидетельство № 275838, 1970, БИ № 22).

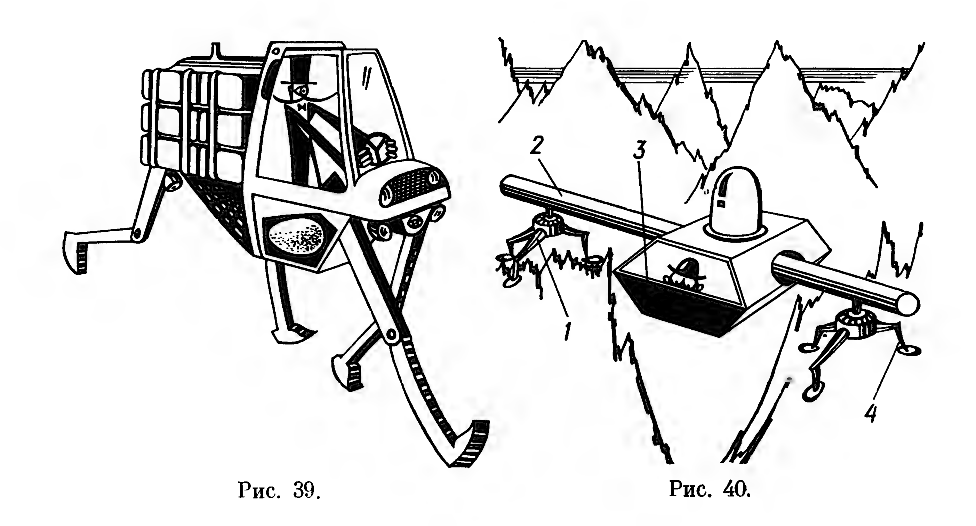


Рис. 39. Рис. 40.

ся по штанге в крайнее положение к опоре *4*. При этом масса его уравновесила массу штанги и второй опоры *1*, а редуктор зубчатым колесом вошел в зацепление с шестерней, неподвижно закрепленной на опоре *4* (на рисунке не показано). Аппарат находится в состоянии неустойчивого равновесия. Оператор включает в работу двигатель переноса штанги. Пришло во вращение зубчатое колесо редуктора управляющего блока, которое сбкатывается по шестерне на опоре. Штанга с опорой *1* перебрасывается через горную пропасть. Затем управляющий блок начинает двигаться по штанге к опоре *1*. Штанга займет устойчивое горизонтальное положение, опираясь тремя ногами опоры *1* о грунт, как показано на рисунке. Аппарат сделал первый шаг. После этого управляющий блок переместится по штанге к опоре *1* в крайнее левое положение и аппарат сделает второй шаг, перебросит опору *4* на левую сторону пропасти.

ШЕСТИНОГИЙ РОБОТ

Робот, о котором мы расскажем, превосходит предыдущих шагающих собратьев (рис. 41).

Шестиногий робот-таракан * самостоятельно передвигается по наклонной поверхности с препятствиями в виде углублений и каменных глыб. Шарнирные соединения бедра и колен обеспечивают три степени свободы для каждой ноги и высокую проходимость.

Чтобы робот принял самостоятельное решение о продвижении вперед, он должен иметь представление об окружающей среде.

---

* Разработан в Институте прикладной механики АН СССР под руководством чл.-кор. АН СССР Д. Е. Охоцимского.

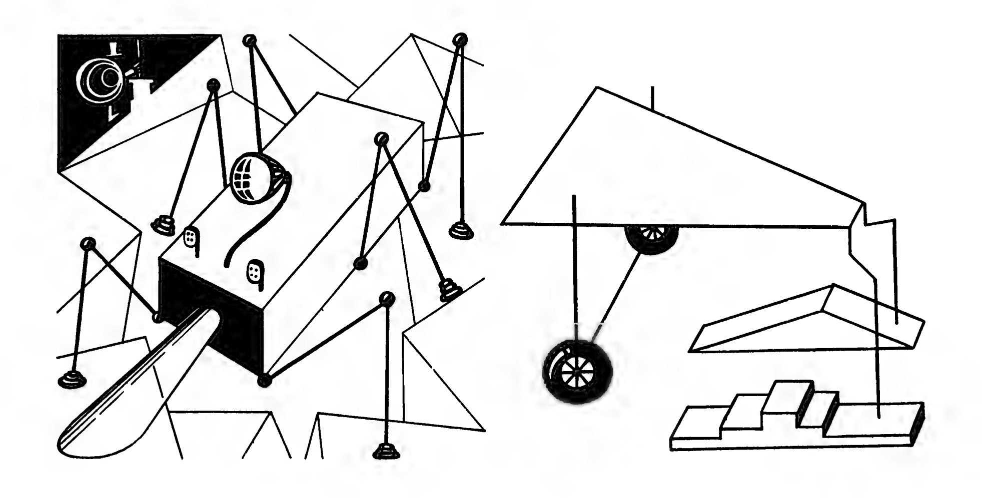


Рис. 41. Рис. 42.

Информационная система и обеспечивает робота необходимыми данными об окружающей среде.

Ноги «таракана» оснащены осязательными датчиками. Вступила нога на опору, коснулась какого-либо предмета — тут же подается сигнал системе управления.

Робот оснащен дальномером для определения расстояния до предметов на местности впереди себя.

Не вся полученная информация об окружающей среде нужна роботу — часть ее отсеивают. Анализ оставшейся информации позволяет выделить те участки поверхности, на которые могут ступить ноги и по которым может двигаться аппарат. Таким образом, информационная система робота обеспечивает его сведениями об окружающей среде и участках возможной проходимости на местности.

«Мозг» робота (система выбора трасс) на основе поступивших данных от информационной системы выбирает маршрут и режим движения робота. Первоначально маршрут следования задается оператором, а затем корректируется по ходу движения робота системой выбора трасс.

Система построения движения робота выбирает точки на опорной поверхности для постановки ног и управляет движением корпуса. Вначале оператор определяет тип походки и последовательность перемещения ног в пространстве, а далее корректирует движение конечностей в связи с данными, поступающими от информационной системы.

Исполнительная система робота приводит в движение конечности, исполняя команду, поступившую от управляющего устройства.

ШАГАЮЩИЙ АППАРАТ

На рис. 42 дано схематическое изображение упрощенного шагающего аппарата *. Он представляет собой самоходную тележку с двумя ногами и парой колес. Шагает аппарат прямолинейно, а также перемещается по криволинейной траектории. Может преодолевать препятствия по высоте не более 10% длины ноги. На ногах смонтированы 3 электродвигателя, обеспечивающие для каждой ноги три степени свободы. Сочленение в коленях шарнирное.

Движением ног управляет генератор. Он подает на усилитель (рис. 43) электрический сигнал, пропорциональный углу перемещения ноги α. На каждой ноге имеется потенциометр и тахогенератор. Потенциометр подает сигнал о движении ноги. Каждому шагу ноги соответствует определенное положение ползунка потенциометра относительно кольцевой обмотки. При движении ноги перемещается по окружности и кольцевая обмотка. Если нога (при относительно неподвижном ползунке) сделала шаг не точно по программе, то на выходе потенциометра образуется электрический сигнал, соответствующий углу отклонения от программы ($\alpha_п$). Этот сигнал подается на вход усилителя. Тахогенератор вырабатывает электрический сигнал о скорости и подает его на вход усилителя.

Итак, управляющий сигнал для ноги формируется в усилителе из трех сигналов: по углам α, $\alpha_п$ (от потенциометра) и α_m (от тахогенератора). От усилителя сигнал поступает на электродвигатель ноги и приводит ее в движение.



---

* Девянин Е. А., Лавровский Э. К. и др. Макет управляемого шагающего аппарата.— Материалы IV Всесоюзной конференции по бионике, 1973, т. VI, Бионика.

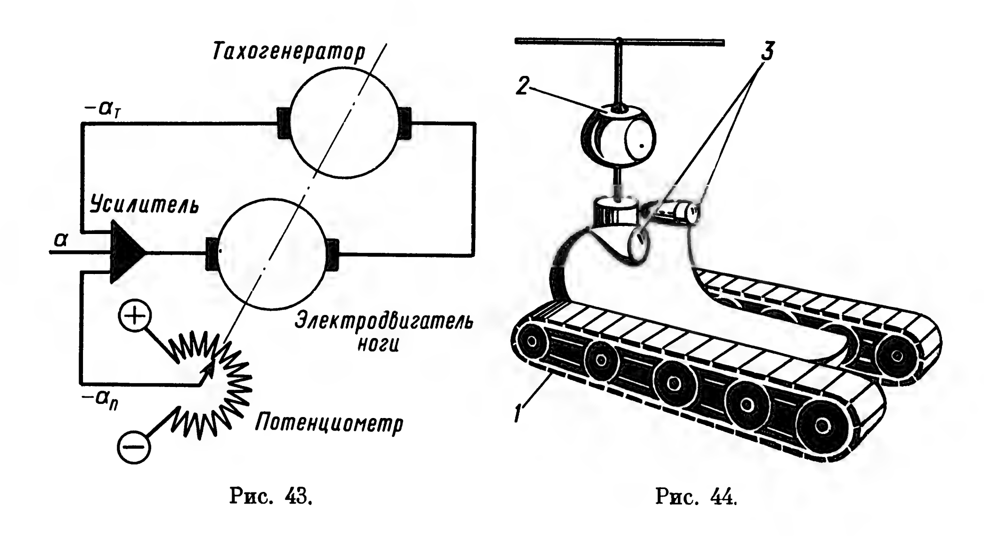


Рис. 43. Рис. 44.

Генератором можно задавать форму, амплитуду и ритм движения ног. Генератор настраивается оператором или ЭЦВМ, если нога робота нарушила программу шага.

РОБОТ-ПОЖАРНИК

Клубы дыма заволокли небо над одним из высотных домов в Иокогаме. Языки пламени жадно лизали стены домов. Спешили пожарные машины. Горящий дым окружила толпа, наблюдающая за работой пожарных. Один из пожарных выделялся своими угловатыми движениями и бесстрашием. Он первым на своих ногах (зубчатых колесах) смело направлялся в пламя, активно работал руками-огнетушителями, появлялся в тех местах, где невозможно быть человеку: под горящей балкой, готовой обрушиться в любой момент, в бушующем пламени, в задымленном помещении. Робот-пожарник одет в жаробезопасную спецовку, рост его 1,8 м, масса — 600 кг, он чувствует температуру и видит пламя.

ЦЕЛЕУСТРЕМЛЕННЫЙ РОБОТ

Целеустремленность — черта не лишняя и для робота. Задали ему цель, а все остальное, связанное с ее исполнением, взял на себя робот. Он перемещается в среде, опознавая обстановку, планирует свое поведение, порой даже не используя накопленного опыта, сам выбирает из нескольких программ движения ту, которая ему подходит. Систему с программным управлением тут уже использовать нельзя. Изобретатели обеспечили робота системой управления, которая способна приспосабливаться к меняющимся обстоятельствам и управлять движением робота в зависимости от изменяющейся обстановки и приобретенного опыта.

Робот (рис. 44) * смонтирован на тележке, с гусеничным шасси *1*. Корпус и шасси робота оснащены чувствительными элементами, воспринимающими прикосновение и передающими сигналы в систему управления. Ультразвуковой дальномер *2* определяет расстояние до ближайших предметов перед тележкой. Фотоприемники *3* реагируют на свет и тоже направляют сигналы в систему управления. Задание роботу выдает оператор в виде набора целевых условий (место прибытия, маршрут движения и т. д.).



«ВАБОТ -I»

Робот создан японскими учеными и инженерами. Из всех роботов он наиболее похож на человека. У него есть руки и ноги, на которых смонтированы датчики, «чувствующие» прикосновение предметов окружающей среды и посылающие электрические сигналы в управляющее устройство.

Ноги робота очень подвижны: он может шагать даже по неровной дороге, менять количество шагов в минуту, а также походку. Миниатюрная ЭВМ на основе заложенной в ней программы и внешней ситуации управляет его движениями.

Робот наделен слухом. Его микрофоны воспринимают речь оператора. Затем речь кодируется и передается в управляющее устройство. Он выполняет команды, данные ему вслух, и может ответить на вопрос. Робот обрел язык. Пока запас слов у него — всего несколько сотен, но это не предел. Телекамеры обеспечивают роботу зрение. Воспринятое изображение кодируется и передается в управляющее устройство.

---

* Гусев С. В. и др. Об одной иерархической системе управления интегральным роботом.— Труды IV международной объединенной конференции по искусственному интеллекту. М., 1974.

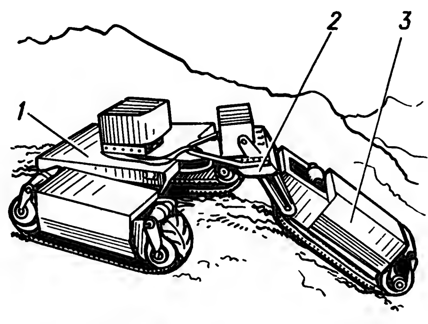


Рис. 45.

САМОХОДНЫЙ АППАРАТ НА ЮПИТЕРЕ

Во многих странах ученые интенсивно занимаются разработкой моделей шагающих роботов. Особые трудности в конструировании возникают при создании аппаратов, предназначенных для автономной работы в трудных условиях космоса. Пылеобразная поверхность Марса, Юпитера и Сатурна, кратеры и скалистые возвышенности, перепады температур и пылевые бури затрудняют выбор ног для робота. Одно только ясно: они должны быть универсальными и способными шагать по любой поверхности.

Предлагаем познакомиться с одной из моделей самоходного аппарата (рис. 45) *. Его оригинальная конструкция выполнена из трех частей (модулей): *3* — передний модуль, *1* — задний модуль (состоит из правого и левого модулей). Модули соединены шарнирным соединением *2*. Передний модуль выполняет роль «разведчика препятствий». Если на пути встречается ложбина или возвышенность, аппарат может продвинуться вперед на расстояние более 60% всей длины аппарата. Это дает возможность изучить препятствие и принять правильное решение: остановиться, двигаться вперед или возвратиться назад. На аппарате применены датчики, дающие информацию о местности. Датчики расположены на модулях, они регистрируют положение гусениц. Если поверхность наклонная, то и гусеницы будут двигаться в наклонной плоскости. Измеряя углы наклона гусениц переднего модуля, а также правого и левого задних модулей, получают сведения о рельефе местности. Сигналы от датчиков поступают в вычислительную машину, в памяти которой накапливаются сведения об окружающей среде. Передний модуль может наклоняться под углом 75°, а правый и левый задние — в пределах ±45°. Самоходный аппарат устойчив на ходу, так как центр тяжести аппарата расположен близко к поверхности. Центр тяжести всей конструкции регулируется специальным устройством — регулятором равномерного распределения нагрузок при подъеме, спуске и преодолении ложбин.

Самоходный аппарат имеет бортовую автономную систему управления.

---

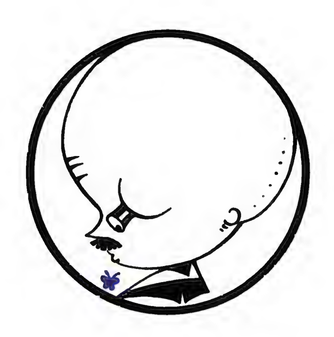
* Траутвейн В. Стратегия управления самоходными аппаратами с манипуляторами. Управление в пространстве, вып. 2, 1974.

СКОЛЬКО ЖЕ НОГ НУЖНО РОБОТУ?

Робот приобрел ноги. Какие ноги нужны роботу? Колеса, гусеницы, стопы? Вид ноги зависит от назначения робота, от условий, в которых он будет работать. Несомненно появятся новые виды ног. Возможно, это будет червяк, как у снегохода, или качающаяся дуга, как у вездехода. Сколько же ног нужно роботу?

С увеличением количества ног увеличивается количество двигателей для приведения их в движение и число передаточных механизмов. Это ведет к увеличению габаритов, массы робота. Чем меньше ног, тем менее устойчивая конструкция и меньше проходимость, но большая надежность робота. И все же роботостроители после накопленного опыта в создании шагающих конструкций пришли к выводу, что наилучший вариант, обеспечивающий высокую проходимость, надежность работы, относительную простоту управления и минимальные габариты,— это шестиногий робот.

Необходимыми элементами шагающих машин становятся органы осязания и зрения. Но об этом в следующей главе.



ОЧУВСТВЛЕННЫЙ РОБОТ

НУЖНЫ ЛИ РОБОТУ ЧУВСТВА?

Автоматический манипулятор с программным управлением не может взять заготовку, расположенную произвольно. Его механическая рука захватит ее лишь в том случае, если заготовка размещена определенным образом. Ориентируют заготовку в специальной таре или приспособлении. Следовательно, робот может работать только со специальной тарой или приспособлением. Сколько роботов, столько нужно и устройств, фиксирующих заготовки. Это приводит к повышению стоимости робота и затрат на автоматизацию производства. Где же выход? Решили наделить робота органами чувств. Очувствленный механический помощник человека сможет найти и захватить неориентированную заготовку, быстро перестроиться для работы с иными типами деталей. Автоматический манипулятор с программным управлением и органами чувств сможет автоматизировать все ручные работы на производственном участке цеха. А это позволит перейти к комплексной автоматизации.

Механический помощник без чувств не имеет связи с окружающим его оборудованием. В этом случае управление в системе робот — оборудование разомкнутое. Чувствительные органы создают обратную связь в системе робот — окружающая среда и замыкают ее.

Конечно не всем промышленным роботам нужны чувства. Ведь работа некоторых настолько проста, что они вполне могут обойтись и без чувств. Однако, чтобы трудиться в окружении людей, технических устройств или себе подобных, роботу нужно чувствовать окружающую среду. Сможет он это сделать лишь с помощью органов чувств. Взаимодействие робота с внешним миром иначе и немыслимо. Какие же чувства нужны ему?

СХВАТ С ЧУВСТВИТЕЛЬНЫМИ ДАТЧИКАМИ

Двигаясь, робот должен обходить посторонние предметы, перемещая рукой деталь,— не «задираться» со своими собратьями; взаимодействуя с оборудованием,— находить с ним «общий язык». Словом, ему в первую очередь, нужны органы осязания и зрения. Проще всего было научить робота чувствовать прикосновение, оснастив схват датчиками осязания.

На рис. 46 изображена очувствленная кисть руки робота с двумя пальцами. На кисти и на каждой из трех поверхностей пальцев (сверху, сбоку и снизу) размещены чувствительные элементы, которые, подавая электрические сигналы в «мозг» робота, информируют его об окружающей среде.

Чувствительные элементы могут быть различны по принципу работы, форме, размерам и т. д. Например, чувствительным элементом органа осязания при встрече руки с препятствием может быть конечный выключатель, работающий как простой электрический выключатель. Укрепленные на пальцах фотодиоды реагируют на изменение светосилы. Это помогает руке определять местонахождение необходимого предмета. При ощупывании предмета несколькими пальцами кисти в «мозг» робота посылаются сигналы, по которым распознается форма предмета.

РОБОТ ТИПА «ГЛАЗ — РУКА»

На рис. 47 изображен робот «ЭТЛ-1» типа «глаз — рука». Органы чувств осведомляют его об окружающей обстановке. Это один из первых очувствленных роботов. Рука *4* обладает большой кинематической подвижностью. Каждое сочленение ее допускает поворот на 180° или 360°. Поворот руки осуществляется по программе. Рука оканчивается схватом *3* с двумя пальцами *1* и *2*. Правый и левый пальцы приводятся в движение электродвигателем. Здесь же мы видим, как расположены пальцы, захватившие предмет. Не совсем просто роботу осуществлять эту операцию. Сначала нужно опознать деталь, затем определить, как взять и только потом протянуть руку, развести правый и левый пальцы, обхватить предмет и затем сжать его с определенным усилием.

Схват имеет чувствительные датчики, представляющие собой контакты реле. Датчики расположены на внутренних и наружных поверхностях пальцев, на их нижних и верхних частях, на концах

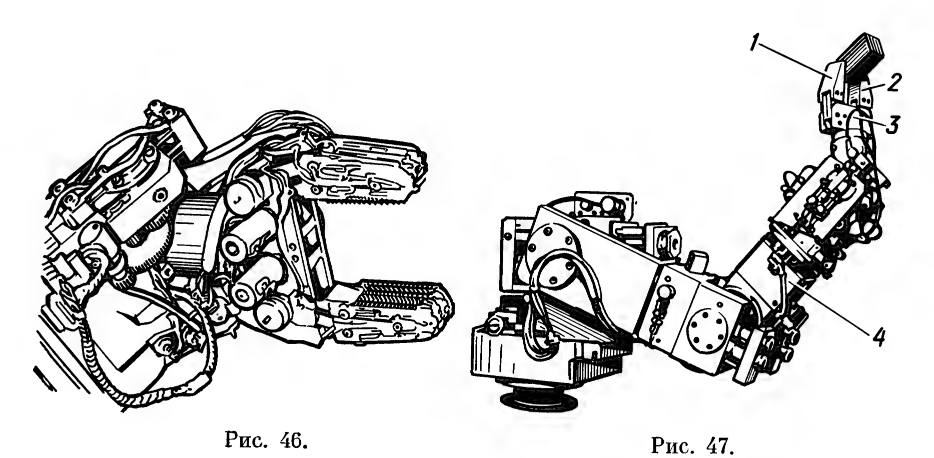
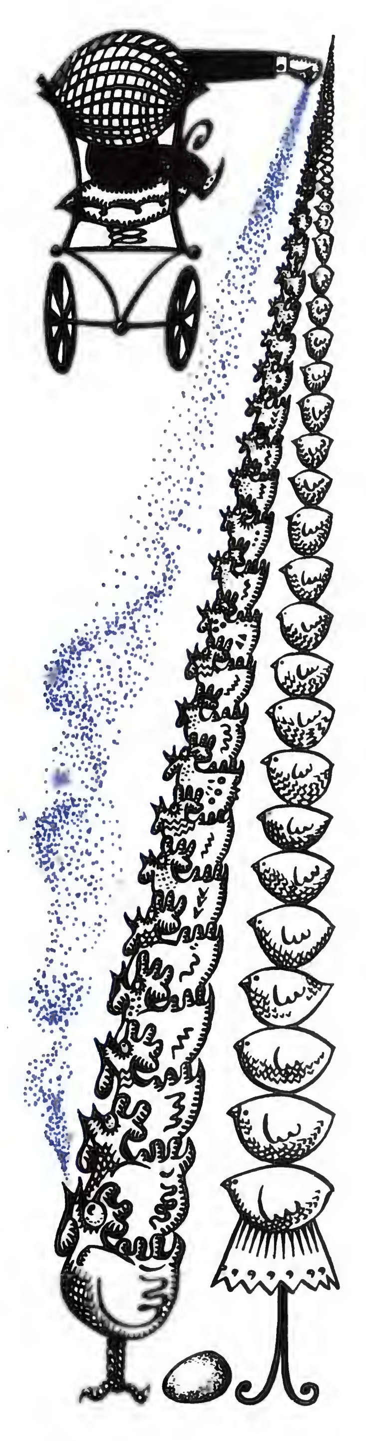


Рис. 46. Рис. 47.

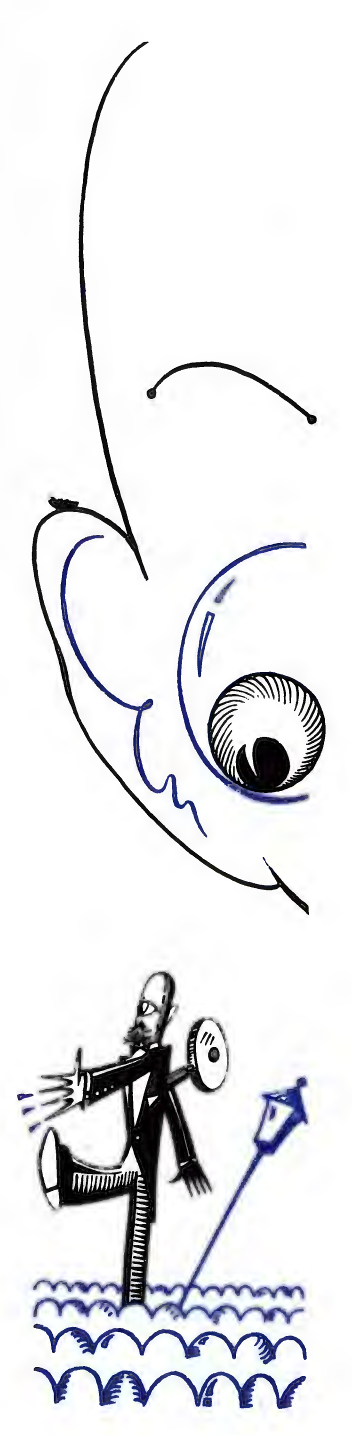


и в развилке между пальцами. При прикосновении к предмету они посылают сигналы в «мозг».

Робот способен отыскивать и захватывать только те предметы, размеры и конфигурация которых запрограммированы. Если же схват прикоснулся к предмету, соприкосновение к которому не требуется и не входит в его программу, робот отводит руку от этого предмета и продолжает свои действия. Как же робот ориентируется в окружающей среде? Как выбирает среди других нужную деталь?

Размеры предмета, который робот захватывает пальцами, определяются с помощью потенциометра, в котором есть два электрических контура. Напряжение одного строго определенное, а второго — зависит от размеров захватываемого предмета. Если робот захватывает предмет с малыми геометрическими размерами, сигнализируют только некоторые датчики пальцев; если же размеры предметов большие,— в потенциометр сигнализирует большое количество датчиков. От количества датчиков, присоединенных ко второму контуру, зависит его напряжение. Определенная разность напряжений между контурами соответствует предмету с определенными геометрическими размерами, который нужно взять схватом. Разность в напряжении между контурами — это выходное напряжение потенциометра. После усиления электрический ток поступает на управляющую обмотку электродвигателей, которые и приводят в движение пальцы. Таким образом, робот распознает предметы по их размерам. Но нужную ли деталь взял робот своим схватом? Если предусмотренную программой, то расстояние между концами его пальцев будет соответствовать программному и, значит, выходное напряжение потенциометра тоже будет соответствовать заданному. Ведь оно зависит от взаимного располо-

жения пальцев, т. е. от размеров зажатого между ними предмета. Ощупывая предметы и сравнивая их геометрические размеры с заданными по программе, робот узнает запрограммированные. Не только осязанием, но и зрительно он опознает предметы. Телекамера, встроенная в руке, передает изображение на экран телевизора, которое тщательно изучается. Контуры предметов кодируются и посылаются в «мозг». В вычислительной машине закодированный предмет сравнивается с параметрами предмета, хранящегося в памяти машины и подлежащего взятию схватом. Если размеры и контуры сравниваемых предметов одинаковы, вычислительная машина подает команду на схват. Если же размеры предмета не соответствуют размерам закодированного и хранящегося в памяти машины предмета, команда на схват не поступает.



ГЛАЗ «ЛУНОХОДА-I»

С гордостью за блестящие успехи советской науки и техники слушал наш народ сообщения об исследованиях в 1970 г. «Луноходом-1» поверхности Луны. Самоходный аппарат по команде с Земли первым проложил дорожку на далеком небесном теле.

Робот-луноход имел колесную ходовую часть. «В передней части приборного отсека располагались иллюминаторы для телевизионных камер, электрический привод подвижной остронаправленной антенны для передачи телевизионных изображений, малонаправленная антенна, обеспечивающая прием радиокоманд и передачу телеметрической информации, датчики различных анализаторов. По левому и правому бортам были установлены две панорамные телекамеры * (глаза самоходного

---

* Катыс Г. П. Оптические информационные системы роботов-манипуляторов. М., Машиностроение, 1977.

аппарата), которые передавали изображение на экран операторам в центр управления полетом.

Панорамные телефотокамеры по бортам позволяли получить для ориентации аппарата панорамные изображения окружающей лунной местности, а также частично звездного неба и произвести съемки. Кроме того, «Луноход-1» выполнял еще роль топографа. Он составлял карту местности, которую объезжал. Точнее, он собирал все данные для ее составления. При этом использовались сделанные им съемки лунного ландшафта, телевизионные панорамы, а также данные о пройденном пути, направлении движения, угле наклона аппарата и т. д.

Вслед за «Луноходом-1» отправился его собрат «Луноход-2». Он был поворотливей и с гораздо лучшим зрением. Обладал развитой системой чувств. Кроме того, он измерял магнитные поля лунной поверхности и освещенность неба.

РОБОТ ПР-30

Кроме телекамеры, в качестве глаз используются фотоэлементы или фоторезисторы. Последние изготовляются из полупроводниковых материалов и включаются последовательно с источником питания. При освещении фоторезистора его сопротивление падает и, следовательно, возрастает ток.

На рис. 48 изображен робот ПР-30 **, в котором использованы фоторезисторы.

** Разработан в Ленинградском институте авиационного приборостроения.

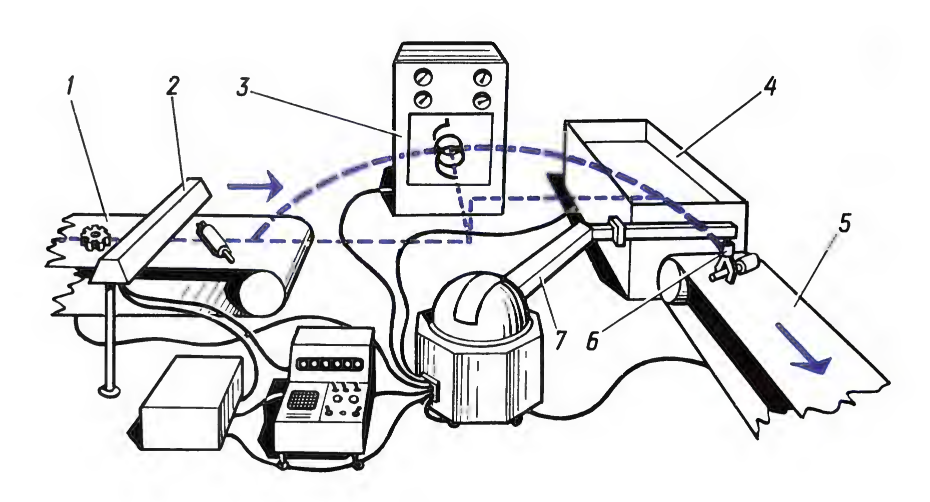
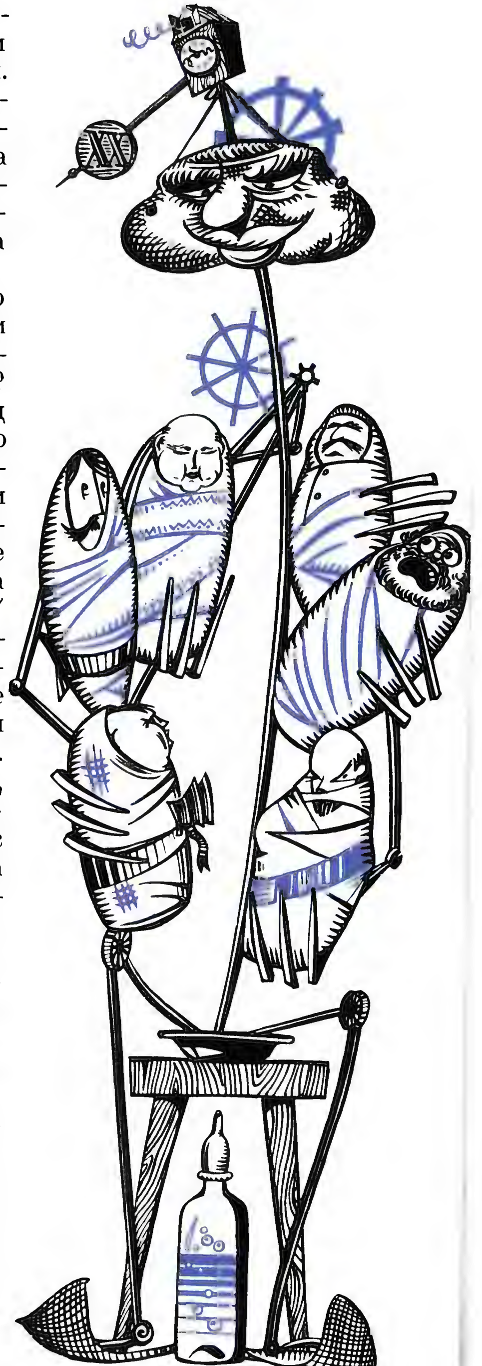


Рис. 48.

Рассмотрим один из вариантов работы аппарата на производственном участке термообработки деталей. ПР-30 обслуживает транспортер *1* подачи деталей на участок термообработки, индукционную печь *3* для нагрева деталей токами высокой частоты, закалочную масляную ванну *4* и транспортер *5* для удаления детали из участка термообработки.

Робот связан не только с ЭВМ, но и со всем оборудованием на данном производственном участке. Как действует робот в автоматическом режиме? Транспортер *1* перемещает детали под визуальным устройством. Устройство представляет собой систему фоторезисторов. Глаз робота *2* распознает детали по их конфигурации и посылает электрические сигналы в ЭВМ об их месте на ленте транспортера. ЭВМ получила сигнал от глаза *2*, направляет руку *7* к детали на ленте транспортера и командует схватом *6*. Далее согласно программе подает деталь в печь *3*. После нагрева в печи деталь извлекается и направляется рукой робота в ванну *4*. В ванне деталь погружается в масло, затем извлекается и кладется на движущийся транспортер *5* и удаляется с участка. Путь перемещения детали на участке термообработки показан пунктиром.

Производственный участок термообработки не из легких для обслуживающего персонала: высокая температура, воздух загрязнен вредными для здоровья газами. С применением робота человек освобождается от всех транспортных ручных операций. Труд рабочего-термиста заменяет оператор, который может управлять не одним, а тремя-пятью роботами. Замена рабочих роботами ведет к снижению себестоимости продукции и улучшению условий труда обслуживающего персонала.







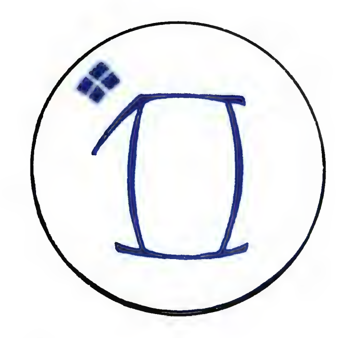
«ШАМА» С ЛАЗЕРНЫМ ГЛАЗОМ

«Шама» — шагающая машина. Так назвали ее создатели *. У нее шесть ног и развитая система чувств. Шагающий робот способен самостоятельно преодолевать препятствия, менять походку и даже прыгать. Шестиногая шагающая машина видит окружающий мир. У нее лазерный глаз. В радиусе до 15 м отлично видит и распознает предметы, дальномером измеряет расстояние. Ученые непрерывно работают над улучшением зрения машины. Результатом исследований и экспериментов явился новый лазерный глаз. Он более компактен и весит около четырех килограммов. Глаз робота передает в электронный «мозг» первично обобщенные данные об окружающей среде. Глаз воспринимает контуры предметов, их конфигурацию. На шагающей машине ученые отрабатывают принципы работы и конструкцию посадочного приспособления для вертолета. С ногами шагающего робота вертолет сможет безопасно приземлиться на качающуюся палубу или на пологий склон горы.

Где в будущем можно будет увидеть шестиногого робота? Видимо, он выберет себе специальность садовода и виноградаря, станет незаменимым помощником в сельском хозяйстве. Он отлично справляется с опрыскиванием деревьев и обработкой междурядьев в саду, ему можно поручить и обработку лозы на виноградниках, расположенных на склонах гор.



«ЦИКЛОН-3Б»



В отличие от своих братьев из клана очувствленных роботов «Циклон-3Б» имеет слух. Он понимает команду,

* Разработана в Ленинградском институте авиационного приборостроения под руководством М. Б. Игнатьева.

отданную человеком, беспрекословно и точно ее выполняет.

«Циклон-3Б» — это комплекс (рис. 49), состоящий из манипулятора, устройства программного управления и речевого командного устройства *.

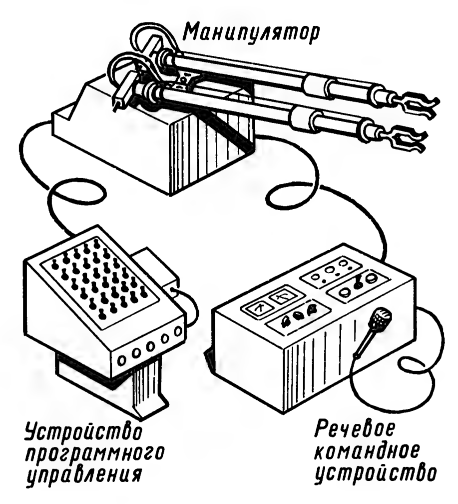


Рис. 49.

Двурукий манипулятор способен выдвигать, поднимать и поворачивать свои руки. Одной рукой он поднимает деталь массой 3 кг и переносит ее впереди себя на расстояние 850 мм. Поднимает руку от уровня пола на высоту 1700 мм. Поворачивается рука в горизонтальной плоскости на угол 180°. Схваты работают от пневматической системы с давлением воздуха в сети 400—600 кПа.

Устройство программного управления расположено отдельно от манипулятора. Система программного управления — цикличная. Координаты движения руки в пространстве задаются упорами. В качестве программоносителя использована матричная штырьковая панель.

Перед началом работы следует: 1) подготовить технологическую карту переходов; 2) подготовить устройство программного управления роботом (ПУР); 3) включить ПУР; 4) записать программу на матрично-штырьковую панель; 5) подготовить манипулятор к работе.

Объясним кратко, в чем заключается подготовка технологической карты переходов. Весь цикл работы делится на отдельные переходы, например, такие: а) перемещение детали в пространстве от одной точки к другой; б) зажим или разжим схвата; в) подача команд на оборудование и прием ответных команд и т. д.

Данные переходы записываются последовательно в порядке их отработки в цикле в технологическую карту переходов.

На основе технологической карты переходов формируется программа цикла работы. В одном кадре программы (строке матрично-штырьковой панели) можно записать сразу несколько из указанных переходов, выполняемых одновременно.

Кадры программы перемещения рук робота в пространстве обслуживания, команды на оборудование, отраженные от техно-

* Разработан ОКБ технической кибернетики Ленинградского политехнического института имени М. И. Калинина.



логического оборудования команды и т. д. нумеруются в порядке их следования в цикле.

Подготовка манипулятора к работе состоит из таких этапов: 1) настройка конечного положения рук; 2) настройка датчиков положения; 3) настройка скорости перемещения рук; 4) настройка интенсивности торможения; 5) проверка перед работой.

Рассмотрим только первый этап.

В зависимости от расположения оборудования в цехе в соответствии с технологической картой переходов выставляются упоры для обеспечения необходимой величины перемещения рук по всем координатам. Допустим, что один упор ограничивает выдвижение руки, другой — ее поворот. Например, упор, ограничивающий поворот руки со схватом, представляет собой обойму с шариками. Чем меньше шариков в обойме, тем на больший угол повернется схват.

И, наконец, речевое командное устройство, которое воспринимает команды, подаваемые голосом человека. Например, подают голосом команду выдвинуть руку вперед: «Привод-1 — исполнить»! или зажать деталь в схвате: «Привод-3 — исполнить!», разжать схват: «Привод-3 — отбой!»

Всего на манипулятор может быть подана 21 команда.

С помощью «Циклона-3Б» автоматизированы операции в штамповочно-заготовительных цехах предприятий объединения «Кировский завод» (Ленинград). Каждый «Циклон-3Б» обслуживает 4 пресса при изготовлении дисков сцеплений трактора К-700 (К-701), превышая выработку среднего рабочего.

РОБОТ-ВОДИТЕЛЬ

Впервые в мировой практике в СССР создан робот, который самостоя-

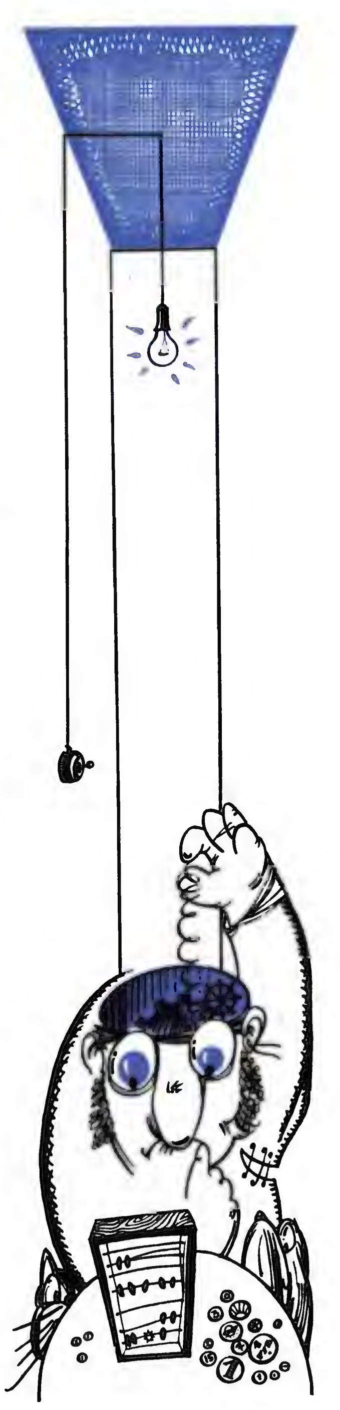
тельно управляет автомобилем *. Робот-водитель включает зажигание, выбирает оптимальную скорость, темп разгона и торможения. Основной элемент информационной системы — радар. Им робот определяет расстояние до ближайшей едущей машины. «Мозг» робота — ЭВМ. С помощью радара он устанавливает наилучшую безопасную дистанцию между соседними едущими автомобилями. На Волжском автозаводе за руль автомобиля, сошедшего с конвейера, садится робот-водитель. Он проводит испытания машины на полигоне. Проектируются сейчас роботы-водители поездов в метро.

В ФРГ для испытания автомобилей «Фольксваген» на прочность при лобовом столкновении используются роботы-манекены. На руках, ногах, туловище и на голове роботов вмонтированы датчики осязания, воспринимающие физические усилия, удары. Они передают сигналы на приборы, расположенные внутри туловища. После столкновения автомобилей можно определить, в какой степени подвергся бы опасности человек, сидящий в машине.

Ведутся также разработки по созданию робота-водителя такси.

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА РОБОТА

Познакомьтесь с роботом на тележке (рис. 50) **. Источником его движения служат аккумуляторы. Вокруг тележки имеется пневматический буфер *1* с датчиками, которые подают в ЭВМ сигналы о соприкосновении с предме-



* Разработан Московским автодорожным институтом и Мосавтотрансом.

** Разработан в Стэнфордском научно-исследовательском институте. Менло-Парк, шт. Калифорния. Дж. Форсен. Обработка зрительной информации с помощью автоматического устройства. Кибернетические проблемы бионики. М., Мир. 1972.

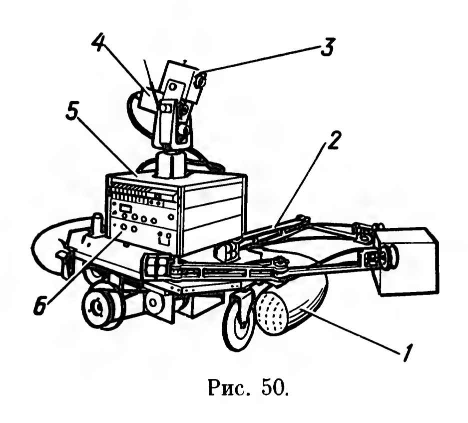


Рис. 50.

тами. У робота есть рука с магнитами *2*, телекамерой *4*, дальномер *3*, блок управления *5* с камерой и логическое устройство для выполнения действий *6*.

Робот может опознавать предметы, определять граничные размеры помещения, составлять, хранить и корректировать отображения предметов или их модели, планировать и выбирать путь движения между окружающими его предметами, с помощью манипуляционных устройств воздействовать на встречающиеся на его пути препятствия.

Примером задачи может быть: «Подойти к объекту *A*. Обследовать положение объекта *B*. Записать данные о его местонахождении. Вернуться в точку *C*».

Информационная система, т. е. система анализа и опознавания окружающей обстановки, состоит из телевизионной камеры, оптического дальномера и тактильных (осязательных) датчиков.

Поворотом телевизионной камеры и дальномером управляет ЭВМ с помощью шаговых двигателей.

Тактильные датчики при столкновении робота с препятствием выключают приводные двигатели и одновременно включают тормоза. Таким образом, имитируется рефлекторная реакция и создается представление об относительном размещении предметов. Эта информация записывается в памяти ЭВМ и учитывается при выборе маршрутов.

РОБОТ-ИСПЫТАТЕЛЬ

Роботы с человекоподобным видом массово используются не только при испытаниях новых марок автомобилей. Их можно видеть в кабине нового самолета и ракеты, в роли испытателей новых машин, автоматов, систем управления. Рост — 185 см, масса — 90 кг, стальной скелет покрыт пластмассой, кожа — из мягкой ткани, подобна коже человека, голова — из сплава алюминия. Внутри робота — программирующее устройство, радиотелеметрическая и измерительная аппаратура, на туловище — датчики. Робот-космонавт выполняет 35 операций и передает результаты своих действий.

Очувствленные роботы взяли на себя операции, выполнение которых связано с известным риском для жизни человека.

РОБОТЫ СОБИРАЮТ ЧАСЫ



Петродворцовый часовой завод в Ленинграде. Сборочный цех. На конвейере часы «Ракета». Собираются часы из 250 деталей; некоторые из них в десятые и сотые доли миллиметра. Например, диаметр цапфы оси баланса 0,07 мм. Детали настолько малы, что рукам человека трудно их вытачивать, закаливать, шлифовать и собирать. На помощь пришли роботы. Они изготавливают детали, собирают из них узлы и отлаживают их. Роботы устанавливают центральные мосты в часах, механизмы завода пружин, монтируют колесные системы.

Сборочные операции требуют высокой точности. Чтобы добиться ее, механических помощников следует оснастить системой чувств. Осязательные чувства помогают распознать окружающую среду и хорошо в ней ориентироваться.

У автоматов и автоматических линий трудятся роботы, а операторы работают за сборочными столами. 130 роботов заменили труд 240 работниц, вследствие чего производительность труда возросла в 6—7 раз.

Около пяти миллионов в год наручных электронных кварцевых часов с шаговым двигателем выпускает завод. В достижения производственного коллектива вложен и труд роботов. Но заслуга их не только в этом. С появлением роботов стали пересматривать технологию производства, совершенствовать оборудование, конструировать новые устройства и по новому организовывать труд людей.

ЧУВСТВА ЧЕЛОВЕКА И РОБОТА

Из краткой информации о чувствах робота вы убедились, что осязание и зрение — основные чувства робота. Однако есть и другие. Сравним каналы

Каналы		
№ п/п	у человека	у робота
1	Зрительный	Зрительный (у некоторых)
2	Слуховой	Слуховой (у некоторых)
3	Чувствительный:	Чувствительный:
	а) тактильная чувствительность	а) тактильная чувствительность
	б) болевая »	б) отсутствуе
	в) температурная »	в) отсутствует, но может быть
	г) глубокая »	г) отсутствует
	д) сложный вид чувствительности	д) отсутствует
4	Обонятельный	Отсутствует
5	Вкусовых ощущений	Отсутствует

восприятия поступающей информации об окружающей среде у человека и робота.

Сравнительный анализ чувств человека и робота показывает, что у человека больше каналов восприятия информации из внешнего мира по сравнению с современным очувствленным роботом.

По зрительному каналу человек получает более 90% всей поступающей к нему информации. Миллионы рецепторов - чувствительных клеток сетчатки глаз воспринимают внешний мир, кодируют информацию и по специальному каналу передают в определенную область мозга. Порог чувствительности глаза человека ниже порога чувствительности глаза робота, т. е. человеческий глаз более чувствительный. Он воспринимает движение, обладает цветоощущением, защитным рефлексом, мгновенной реакцией и лучшей приспособленностью к освещенности.

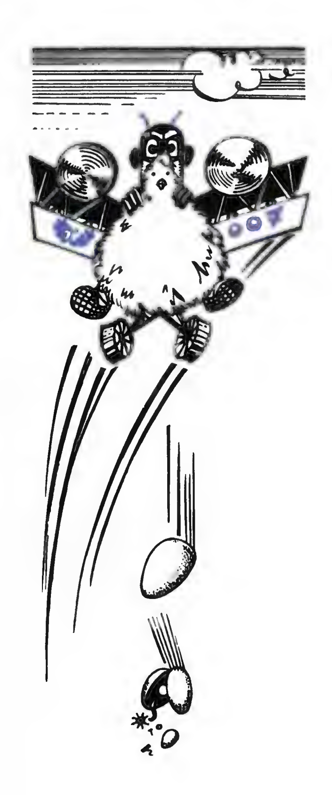
Глаз робота — телекамера, фотоэлемент, фоторезистор или лазер,— воспринимает свет в большом диапазоне волн и частот. При усовершенствовании сможет видеть и ночью. Устройство обработки зрительной информации у робота сложное. Стоимость его высока. Поэтому не все роботы наделены зрением.

Если бы робот понимал команды человека, поданные голосом, отпала бы необходимость в программировании. Система, разработанная в Институте кибернетики АН УССР, понимает голос оператора. Слуховые органы робота сейчас только исследуются. Несомненно, спустя некоторое время наряду с другими чувствами робот станет обладать и слухом.

Клетки нашего организма, словно датчики автоматической системы, постоянно настороже. При малейших воздействиях внешней среды и изменениях внутреннего состояния они немедленно посылают сигналы в мозг. Внешний мир воздействует порциями энергии на чувствительные клетки — рецепторы нашего организма. Раздражения кодируются и по «каналам» передаются в определенную область мозга. Мозг управляет мышцами, скелетной си-

стемой и органами. Около полумиллиона рецепторов человеческого тела способны воспринять воздействие внешней среды в виде прикосновения. Сигнальная система самозащиты организма воспринимает болевые ощущения от трех миллионов рецепторов. Человек ощущает тепло десятью тысячами, а холод ста тысячами рецепторных клеток.

Из всех чувств у робота наиболее развита тактильная чувствительность. Орган осязания робота беден чувствительными элементами, поэтому и восприятие им внешнего мира гораздо слабее чем у человека.



Роботу не свойственны болевые ощущения. Ему совсем не лишне было бы иметь сигнальную систему оповещения опасности и систему обеспечения жизнедеятельности, которые в целях самосохранения и защиты от внешних воздействий могли бы отключить все или отдельные блоки. При воздействии опасного внешнего давления, критических усилий, повышенной температуры или других факторов сигнальная система оповещает робота об опасности, а блок самосохранения вносит коррекцию в систему управления поведением робота, чтобы обеспечить безопасность.

Человеку свойственна глубокая чувствительность. Это чувство состояния мышечно-суставной системы. Человек воспринимает вибрацию, давление, вес. Он обладает сложным видом чувствительности. Например, человек, не глядя, узнает цифру, написанную на своем теле, или с закрытыми глазами определяет название предмета. Эти чувства свойственны только человеку.



Органы обоняния и вкусовых ощущений обслуживают миллионы рецепторов у человека. Робот ими не обладает, они пока и не проектируются.

РОБОТ-ШПИОН

Возмущение и беспокойство народных масс Индии вызвало известие о том, что воды Ганга в любой момент могут стать радиоактивными. Причиной беспокойства послужило исчезновение в Гималаях робота-шпиона.

Центральное разведывательное управление (ЦРУ) США поручило роботу-шпиону проследить за ядерными испытаниями в Китае. Задание было трудное и секретное.

Робот-шпион работал на ядерном горючем, имел портативную ядерную установку и уши — устройство, воспринимающее колебания воздуха на больших расстояниях. Он должен был расположиться в ледниковой зоне горы Кандадеви, т. е. в истоках реки Ганг. В его задачу входило систематически «чувствовать» атмосферу, регистрировать ядерные взрывы в Китае и передавать сведения в ЦРУ.

Доставили робота-шпиона в Гималаи «альпинисты» из ЦРУ. Многие годы существование робота-шпиона на индийско-китайской границе оставалось в тайне, вплоть до снежного обвала в горах. Установка, содержащая изотопы плутония-238, исчезла в снежной лавине. Бесследно исчез робот-шпион, и над жизнью миллионов индийцев нависла смертельная опасность.

* * *

Как растительный, животный мир и человек приспосабливаются к внешним условиям, так и робот должен приспособиться к окружающей его обстановке. Главное требование, которое к нему предъявляется при этом,— быть безопасным по отношению к человеку и оборудованию.

По возможностям приспосабливаться к окружающей среде современный робот уступает человеку. Но появление первых органов чувств у робота — это первые шаги в направлении восприятия внешнего мира и приспособления к нему. И, наконец, для обитания в мире роботов необходима информация о рядом работающих «себе подобных», об их действиях и функциональном пространстве каждого.



РОБОТ ПРИОБРЕТАЕТ МОЗГ

«МЫСЛЯЩИЙ» РОБОТ

Все живые существа воспринимают информацию из внешнего мира. Но анализировать обстановку, обобщать, делать заключения, принимать решения, т. е. производить мыслительные действия, может только человек.

Для того чтобы поведение робота было целенаправленным, его «мозг» должен принять на себя функции системы центрального управления: командовать руками, ногами и другими системами, а также контактировать с окружающей средой. Кроме того, «мозг» должен следить за изменениями в среде, в любое время знать свое местонахождение. В целом, робот объединяет в себе систему восприятия информации из среды, систему искусственного интеллекта и систему выполнения своих механических действий. Поэтому таких «мыслящих» роботов и назвали интегральными.

Интегральный робот — это цельная искусственная система, способная соответственно вести себя при решении определенной задачи. Робот воспринимает информацию о внешнем мире, анализирует обстановку, принимает решение и сам его реализует.

Чтобы осуществить эту сложную деятельность, робот, как и человек, должен планировать свое поведение. Это значит, что все свое сложное поведение предварительно он должен разделить на отдельные поступки. Совершая поступки, робот непрерывно их контролирует и сравнивает с заданием. Если же поступок робота не соответствует заданию, он анализирует причины случившегося, принимает решение локального характера. На всем маршруте движения робот должен подчинять свое поведение достижению конечной цели.

ВНУТРЕННИЙ МИР РОБОТА

Чтобы выполнить план своих действий, роботу нужно прежде всего иметь представление о внешнем мире. Если бы окружающая среда была статичной, легко было бы принимать решения и выполнять план своих действий. Однако она беспрерывно изменяется. В ней нельзя все запрограммировать, как и нельзя все предвидеть. Поэтому робот должен всегда получать информацию о состоянии внешнего мира. А для этого нужно построить внут-

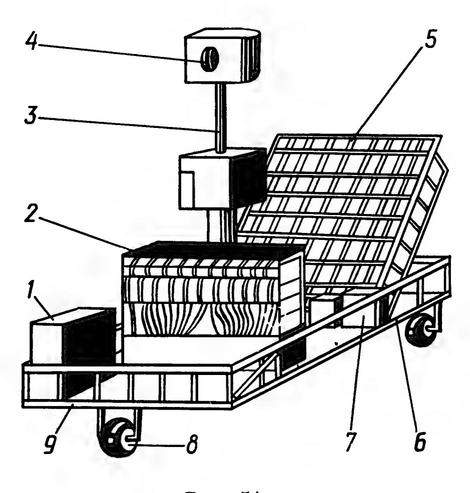


Рис. 51.

реннюю модель реального мира*. Эта модель представляет собой совокупность сведений о реальном мире, в котором функционирует робот.

Одни интегральные роботы обладают бо́льшими способностями, другие — меньшими, но все они воспринимают внешний мир, строя свой, внутренний мир, и самостоятельно управляют своими действиями. Всех их объединяет одно преимущество перед остальными роботами — это способность самостоятельно «осмысливать» окружающую обстановку и соответственно с заданием действовать.

КИЕВСКИЙ ТАИР

ТАИР (транспортный автономный интегральный робот) создан в Институте кибернетики АН УССР под руководством Н. М. Амосова.

Роботу ставится цель — прибыть в определенный пункт на местности. Он выбирает кратчайший маршрут следования, самостоятельно ориентируется на местности, действует в естественных условиях, и, преодолевая препятствия, достигает поставленной перед ним цели.

На рис. 51 дан общий вид робота. Ходовая часть робота — это трехколесная тележка *6*, каждое колесо которой имеет свой автономный электропривод. Для приведения в движение колес используются две аккумуляторные батареи *7*. Переднее колесо *8* — поворотное.

Робот определяет свое положение в пространстве при помощи навигационной системы с двумя радиомаяками и компасом.

Органы чувств информируют робота о внешнем мире и внутреннем состоянии. Наткнется, например, робот своим каркасом *9* на какое-либо препятствие, сработает датчик осязания (микровыключатель, установленный на каркасе) и пошлет сигнал в управляющее устройство. Препятствие!

Дальномер *4* на штанге *3* «прощупывает» местность на расстоянии до 10 м и определяет расстояние до предметов на пути

---

* Кузин Е. С. и др. Системы принятия решений в интегральных роботах. Интегральные роботы. М., Мир, 1976, вып. 2.

движения. Система датчиков и быстродействующий дальномер посылают роботу информацию о внешнем мире.



Робот информирован о своем внутреннем состоянии: о нагреве электродвигателей, об усилиях на колесах, об электрическом напряжении на аккумуляторных батареях. Тележка снабжена датчиками углов наклона. При изменении положения тележки в горизонтальной или вертикальной плоскости датчики посылают сигналы в управляющие устройство. Система датчиков воспринимает окружающую среду и изменение внутреннего состояния робота и по своим шестидесяти каналам передает сигналы в соответствующие узлы робота. Эти сигналы в одном из узлов обобщаются. Именно по ним робот и судит о внешней среде и о внутреннем состоянии своих систем.

На рисунке изображены: *1* — многоканальный регистрирующий прибор, *2* — блок узлов управляющего устройства, *5* — матрица связи управляющего устройства.



Для управления транспортным роботом в естественных условиях используется нейроподобная сеть с системой усиления торможения (СУТ), в какой-то степени подобная нервной системе человека.

На основании выводов, сделанных в сферах (узлах) системы управления, принимаются решения: двигаться или остановиться, повернуть вправо или влево. Используя карту местности, робот сам выбирает кратчайший путь к цели. Сигнал на управление поступает из сферы принятия решения, а также из сферы распознавания ситуаций. В настоящее время ТАИР находится в стадии совершенствования.

ЭВМ — «МОЗГ» РОБОТА

Человек, получая информацию об окружающей среде, запоминает только то, что считает нужным (приобретает опыт). Получая информацию и сравнивая её с приобретенной, он вырабатывает решение, как себя вести.

Изучая мозг человека, закономерности человеческого мышления и поведения, ученые создали и наделили ЭВМ робота некоторыми функциями, свойственными мозгv человека.

Сравним возможности мозга человека и ЭВМ робота *.

Параметры	Мозг человека	ЭВМ робота
Скорость ввода информации в память	Менее 1 бит **/с в длительную память	Более 10^6 бит/с
Запоминание в зависимости от индивидуальных особенностей и эмоционального состояния	Зависит	Не зависит
Емкость памяти	Теоретически максимум 10^9—10^{10} бит за время жизни	$3 \cdot 10^7$ бит
Тип памяти	Смешанный	Смешанный
Особенности памяти	Запоминание осмысленное	Запоминание механическое
Вид обработки поступившей информации	Параллельно	Последовательно
Время производства операций	Гораздо медленее чем у ЭВМ	Быстрее чем у человека
Фильтрация информации	Очень эффективная	Бедная
Время хранения информации в памяти	Непостоянно	Постоянно

* При составлении таблицы использованы материалы книги: Человеческие способности машин. М., Мир, 1972.

** Единица информации.

Продолжение таблицы

Извлечение из памяти нужной информации: а) недавно введенной б) давно введенной	 Быстрое Медленное	 Быстрое Быстрое
Последствия отказов некоторых элементов памяти	Результаты воспроизведения редко бывают бессмысленными	Результаты воспроизведения как правило бессмысленные
Масса мозга	1,2—1,3 кг	В десятки и сотни раз больше, чем у человека

Система «чувств» робота передает ему информацию о внешнем мире, ЭВМ собирает информацию, запоминает, обрабатывает, оценивает и производит логические операции, намечает план дальнейших действий и выдает команды на управление исполнительными механизмами.

СУПЕРВИЗОРНОЕ УПРАВЛЕНИЕ

Вы уже ознакомились с «Крабом» и «Осой» — подводными аппаратами с манипуляторами на борту. В настоящее время есть около тридцати разновидностей подводных телеуправляемых аппаратов, которые изучают дно морей и океанов, ищут затонувшие корабли, берут пробы грунта и воды со дна для научных исследований, на больших глубинах устанавливают датчики для измерения течений в придонном слое. Телеуправляемые аппараты своими механическими руками способны взять, положить, установить, т. е. выполняют простые операции. И оператору при этом приходится нелегко. Он сосредоточенно следит за обстановкой, непрерывно получает информацию от датчиков, оценивает ситуацию и вырабатывает команды управления, приводя своими руками в движение манипуляторы. При этом реализуется непрерывный копирующий дистанционный метод управления.

Чтобы освободить оператора от непрерывного управления подводным роботом, разработали такую систему управления, при которой оператор указывает роботу конечную цель. Способ достижения цели выбирает сам робот.

Уже разработан метод супервизорного управления, при котором оператор наблюдает на экране телевизора за движениями подводного робота и его манипуляторов и только периодически включается в процесс управления.

Итак, роботом управляют ЭВМ и человек.

Человек задает отдельные команды и контролирует их выполнение. ЭВМ воспринимает команду, отданную человеком, перера-

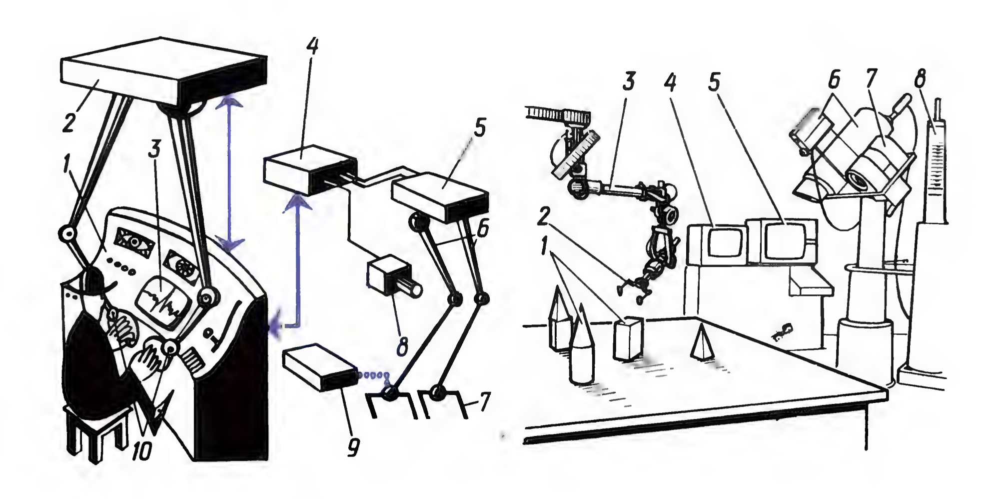


Рис. 52. Рис. 53.

батывает ее, а также воспринимает своими датчиками информацию о состоянии внешнего и внутреннего мира. На основании поступившей от человека команды и полученной информации о внешнем и внутреннем состоянии ЭВМ подает команду на свои исполнительные органы. Причем ЭВМ выступает уже не как советчик человеку, а как его заместитель в управлении роботом.

На рис. 52 изображена схема супервизорного управления механическими руками-манипуляторами робота. Оператор с пульта управления *1* задает программу манипулятору. В автоматическом режиме манипулятором управляет блок *2* формирования команд управления и ЭВМ — *4*. Действия робота корректируются блоком управления *5* и проверяются блоком *9*. Если нужно внести коррективы в управление, оператор приводит в действие две управляющие руки *10*, с помощью которых и управляет исполнительными руками *6* со схватами *7*. Телевизионная камера *8* передает изображение на экран *3* дисплея *.

ПЕРО УКАЗЫВАЕТ ЦЕЛЬ

Какая визуальная информация может поступить к оператору в разработанных в последнее время средствах дистанционного управления? Основная информация — картинная. Оператор получает ее с помощью электронно-лучевой трубки, лазерного экрана, электролюминесцентной панели, матричного экрана на жидких

* Устройство ввода и вывода информации в системе «человек — ЭВМ». Дисплей состоит из двух частей: электронно-лучевой трубки для отображения и алфавитно-цифровой клавиатуры для вывода знаков на экран, т. е. ввода в ЭВМ.

кристаллах и т. д. Кроме картинной информации, к оператору может одновременно поступать графическая, буквенная или цифровая, символическая и т. д.

На операторских пультах появились экраны с совмещенной информацией «... от передающей телевизионной камеры, установленной на роботе, знаковой информации, получаемой от ЭВМ, графической информации в виде карт, координатных сеток и информации, получаемой от специальных устройств и ЭВМ» *.

На экранах с совмещенным изображением используются электронные проекторы, с помощью которых можно задавать координаты, например места взятия пробы грунта с морского дна.

В ином варианте супервизорного управления оператор с пульта управления на экране дисплея выбирает место взятия пробы грунта на морском дне. Конечная цель роботу задается прямым показом световым пером или световой меткой **, передвигаемой по экрану дисплея. Робот, получив указание, самостоятельно планирует свои действия для достижения конечной цели, указанной на экране дисплея. Затем он приступает к реализации программы, корректируя ее по ходу выполнения и поступления информации.

СТЕНДОВЫЙ РОБОТ ТИПА «ГЛАЗ — РУКА»

В Институте кибернетики АН УССР руку (электрический манипулятор, разработанный в Московском высшем техническом училище им. Баумана) соединили с глазом — телевизионной передающей камерой и ЭВМ. Образовался стенд, на котором ученые проводят опыты над роботом типа «глаз — рука» (рис. 53). Идут испытания, отработка системы управления и конструкции. Роботу дают задание, например собрать дом из разбросанных перед ним на столе кубиков. Казалось бы, все очень просто. Ведь это задание для малыша. Однако для робота 70-х годов это сложная задача. Ведь он должен сам определить место кубика на столе, направить к нему свою руку, захватить кубик и перенести в определенное место.

И вот телеглаз *6* заметил кубик с помощью лазерного дальномера *7*, определил до него расстояние (непрерывное излучение генерирует газовый лазер *8*) и направил к нему свою руку-клешню *3*.

Информация об объектах, которые находятся перед роботом, посылается в ЭВМ, а последняя управляет манипулятором. Итак,

---

* Катыс Г. П. Оптические информационные системы роботов-манипуляторов. М., Машиностроение, 1977.

** Устройство, воздействуя которым, можно организовать связь: оператор — ЭВМ — робот непосредственным введением информации с экрана в ЭВМ.

робот схватом *2* перенес один кубик, другой... Дом построен, задание выполнено.

С помощью устройства отображения информации *5* можно узнать, что хранится в памяти ЭВМ, а с помощью видеоконтрольного устройства *4* наблюдать за действиями робота на расстоянии.

После того как робот справился с заданием, перед ним ставят более сложную задачу. Идут стендовые испытания...

РОБОТ СОБИРАЕТ ПО ЧЕРТЕЖУ

На рис. 54 изображена блок-схема робота, у которого есть «глаз», «мозг» и «рука». Он умеет читать чертежи, распознавать лежащие перед ним детали, намечать план сборки и самостоятельно собирать узел из деталей.

Телекамера *1* («глаз») вначале читает сборочный чертеж узла во всех трех проекциях (вид спереди, сверху и сбоку). Информация об изображении на чертеже направляется по первому каналу в визуальное управляющее устройство, где попадает в блоки распознавания изображения и его переработки. Здесь изображение преобразуется в цифровую информацию и направляется в ЭВМ.

Телекамера *2* («глаз») изучает детали, подлежащие сборке в узел, их конфигурацию, размеры и взаимное расположение. Информация о деталях для сборки по второму каналу также направляется в визуальное управляющее устройство, где после переработки и преобразования в цифровую форму направляется в ЭВМ.

Итак, в ЭВМ от телекамер *1* и *2* по двум каналам поступила цифровая информация об узле, изображенном на чертеже в трех проекциях, и о деталях, лежащих перед телекамерой. Поступив-

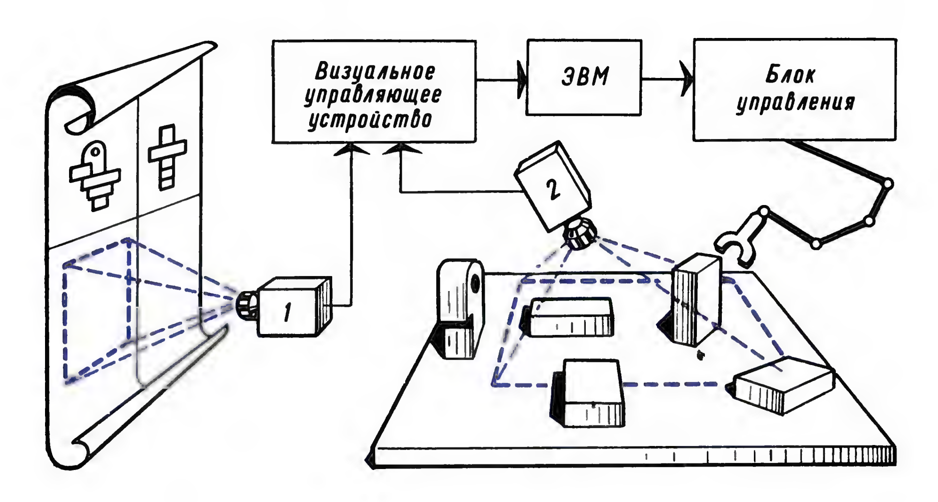


Рис. 54.

шая информация представляет собой сведения о количестве точек в контурной линии детали, о количестве линий, плоскостей в детали и т. д.

На основании поступившей информации во внутреннем мире робота конструируется представление о пространственном расположении деталей, лежащих перед телекамерой, и о положении деталей в узле по чертежу. Затем сведения, поступившие от обеих телекамер, сопоставляются, и робот начинает «продумывать» процесс сборки узла. Прежде всего «мозг» робота классифицирует все детали на нужные для сборки и ненужные. Далее координаты расположения нужных для сборки деталей запоминаются в блоке памяти и намечается порядок разборки узла, изображенного на сборочном чертеже. Последовательность сборки узла обратная последовательности разборки.

Зная координаты деталей, лежащих на столе, и координаты планируемого места сборки детали в узле, робот определяет путь движения руки для взятия каждой детали. Причем планируется путь самый экономичный, кратчайший, без лишних движений. Если же вдруг со стола исчезли детали, необходимые для сборки, робот записывает на машинке информацию о недостающей детали. Он прекращает сборку и ждет дальнейших указаний от человека.

«Мозг» робота — ЭВМ подает команды на блок управления движением руки. Исполнительные механизмы обеспечивают линейное перемещение по всем трем координатам, вращение вокруг каждой оси и захват.

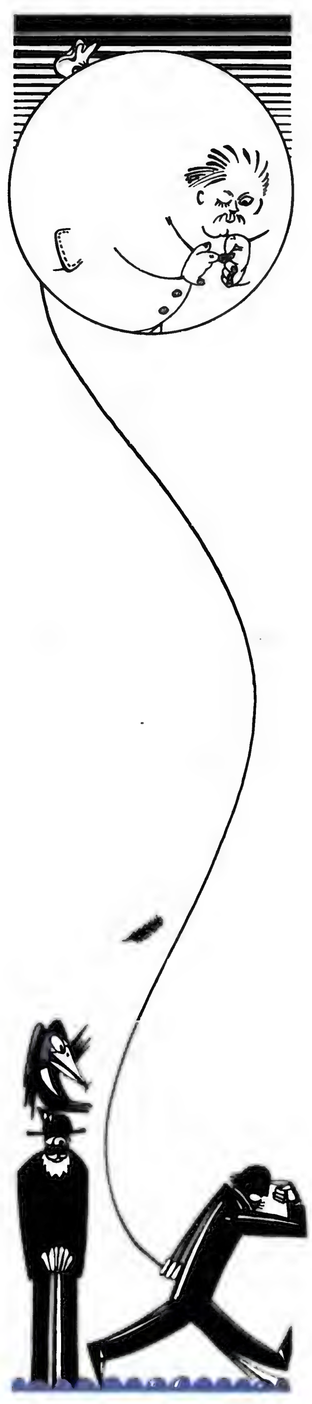
Робот-сборщик собирает узел из пятнадцати объемных деталей, из которых каждая имеет до девяти граней.

Конечно, такой интегральный робот-сборщик типа «глаз — мозг — рука» находятся еще в детском возрасте, он подобен мальчугану, собирающему из кубиков пирамиду. Но выйти из детского возраста — дело времени!

РОБОТ-РЕГУЛИРОВЩИК

Этот робот отличается от всех остальных тем, что у него нет ног и туловища, а есть «голова», «уши» и «руки». Их очень много: они на каждой улице многолюдного города.

Подземные кабели — это уши робота, ими он слышит проехавшую по улице машину. Руки робота — светофоры-автоматы, которыми он подает красный, желтый и зеленый сигналы. Управляет светофорами «мозг» робота — вычислительный центр. Он получает от своих ушей информацию о движении транспорта по улицам и посылает управляющие сигналы светофорам-автоматам. У обычных таких светофоров время подачи красного, желтого и зеленого сигналов запрограммировано, а при управлении вычислительной машиной — время подачи каждого из световых сигналов будет зависеть от интенсивности уличного движения.



Роботы-регулировщики уже приступили к своей работе в городах с развитой транспортной сетью. Они сокращают время простоя транспорта на перекрестке в ожидании зеленого сигнала.

КОСМИЧЕСКИЕ РОБОТЫ

Академик С. П. Королев мечтал о роботах в космосе. Именно они облегчили бы задачу человека по широкому освоению космического пространства. Робот-монтажник собирал бы из блоков долговременные орбитальные станции. Робот-ремонтник обслуживал бы в открытом космическом пространстве спутники, космические порты, корабли, станции. Робот-транспортник доставлял бы грузы космонавтам на орбитальные станции. Роботы-исследователи вели бы научно-исследовательские работы на планетах солнечной системы.

Сбылись мечты выдающегося советского ученого, конструктора ракетно-космических систем. Прообразом первого в мире космического робота явился советский искусственный спутник земли, запущенный 4 октября 1957 г.

20 января 1978 г. в Советском Союзе произведен запуск автоматического грузового транспортного корабля «Прогресс-1». Непилотируемый корабль доставил на борт комплекса «Салют-6» — «Союз-27» топливо для двигательных установок, оборудование, аппаратуру и материалы для обеспечения жизнедеятельности экипажа и проведения научных исследований.

«Прогресс-1» , ..., «Прогресс-8» — прообразы будущего робота — космического транспортника.

В широких масштабах ведутся работы по созданию космических роботов в связи с развитием космонавтики. Весной 1978 г. начал работать механический помощник человека в космосе.

Космические роботы бывают манипуляционными и исследовательскими.

Одни манипуляторы обслуживают и ремонтируют объекты в космосе, другие установлены на непилотируемых спутниках, третьи — на пилотируемых кораблях. Оператор-космонавт с борта космического корабля с помощью манипуляторов будет заменять блоки у спутников, дозировать топливо, ремонтировать космические аппараты с ядерными ракетными двигателями.

К исследовательским роботам относят орбитальные автоматические станции, аппараты, направляемые к планетам. Они собирают ценный научный материал о космосе.

Система управления космическим роботом характеризуется активным взаимодействием оператора с ЭВМ. Причем большую часть операций робот выполняет самостоятельно с использованием блоков систем приспособления к внешней среде и очувствления, а также блока памяти.

На рис. 55 приведена структурная схема системы управления. Информация от датчиков руки *6* космического робота и передающей телекамеры *5*, установленной на верхней части туловища робота, поступает в бортовую вычислительную машину *4*. Вычислительная машина анализирует поступившую информацию и подает команды на систему управления манипулятора (руки). Мы описали один лишь контур управления: манипулятор — вычислительная машина.

Второй контур — это манипулятор, оператор и наземная управляющая машина *2*. В этот контур поступает сигнал от оператора или от управляющей машины *2* через приемно-передающее устройство *3*, которое предназначено для управления манипулятором *6*. На рис. 55 показано видеоустройство *1* для наблюдения за работой манипулятора *6*

ЗАКОНЫ ДЛЯ РОБОТА

В связи с научно-техническим прогрессом стало возможным передать роботам более сложную и ответственную работу, выполнение которой требует от них механических усилий и «мыслительных» операций. Роботы типа «рука — ноги — глаза — мозг» имеют различные внешний вид и габариты, устройство и функциональные возможности, информационные, управляющие и исполнительные системы. Но всех их роднит

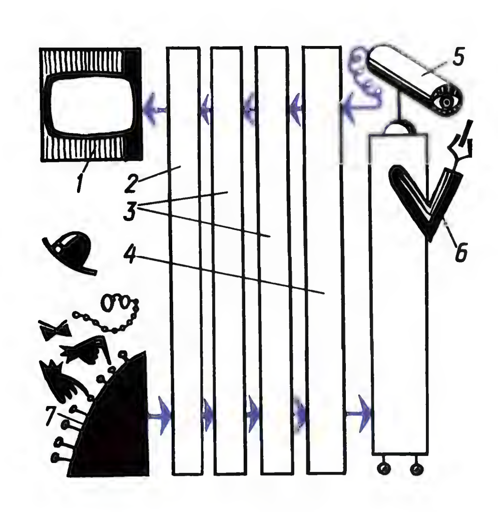


Рис. 55.

наличие «мозга» и способность воспринимать внешний мир, принимать решения и т. д. «Мозг» робота управляет ногами и руками, и человеку не безразлично, на что он будет способен. Ясно одно, что с появлением в мире «мыслящих» помощников появилась необходимость направлять их «мышление» по желаемому для человека руслу. Эта необходимость вырастает в проблему, так как «мыслящие» роботы уже берут под свое начало роботов из других кланов, которые предназначены для выполнения простых операций. Появляются роботы-бригадиры и роботы-руководители.

Миру роботов, как и человеческому обществу, нужны законы. А. Азимов, автор научно-фантастических повестей о роботах, предложил следующие три закона робототехники:

1. Робот не может причинить вреда человеку или своим бездействием допустить, чтобы человеку был причинен вред.

2. Робот должен повиноваться командам, которые ему отдает человек, кроме тех случаев, когда эти команды противоречат первому закону.

3. Робот должен заботиться о своей безопасности, поскольку это не противоречит первому и второму законам.

В мире роботов эволюция механических помощников человека происходит в направлении развития двигательных способностей, системы чувств и интеллекта. И. Артоболевский и А. Кобринский предложили четвертый закон робототехники*. Они считают, что законом обитания роботов в мире должна быть всесторонняя гармония системы чувств робота и свойств окружающей среды, обусловливающая смысл его существования и максимальную пользу для человека.

---

* Артоболевский И., Кобринский А. Знакомьтесь — роботы. М., Молодая гвардия, 1977.



САМОДЕЛКИ

С ЧЕГО НАЧАТЬ?

Несомненно, у многих из вас после прочитанного появилось желание попробовать и свои силы в конструировании роботов. С чего начать?

Сначала нужно создать группу энтузиастов. Пусть будет всего несколько человек. В коллективе и работать дружнее, и работа спорится. Работа над конструированием робота углубит ваши знания, ознакомит с промышленными приборами и техническими устройствами, будет способствовать формированию трудовых умений и навыков. Все это вам пригодится в будущем, в дальнейшей трудовой деятельности и поможет выбрать профессию.

С чего начать? Какой робот выбрать для конструирования? Прежде всего советуем ознакомиться с литературой по конструированию:

Войцеховский Я. Радиоэлектронные игрушки (Электроника дома, на работе, в школе). М., Советское радио, 1976.

Бикчентаев Э. Х., Малиновский А. А. Радиоэлектронный робот РЭР. Калининградское кн. изд-во, 1973.

Приложение к журналу «Юный техник». Мацкевич В. Как построить робот. 1970, № 1—2. Ефимов И. Вас слушает робот. 1973, № 2. Ефимов И. Шагающий автомат. 1973, № 6.

Гордин А. Б. Занимательная кибернетика. М., Энергия, 1974.

Малиновский А. А., Бикчентаев Э. Х. Робот.— Радио, 1970, № 4—6.

Хейзерман Д. Как самому сделать робот. М., Мир, 1979.

Мацкевич В. В. Занимательная анатомия роботов. М., Советское радио, 1979.

Отряшенков Ю. М. Юный кибернетик. М., Детская литература, 1978.

Тому, кто еще не пробовал свои силы в изготовлении самоделок, рекомендуем начать с конструирования занимательных игрушек-роботов. Если же есть небольшой опыт в конструировании, то, выбирая объект работы, следует помнить, что роботов создают для выполнения полезной работы в промышленности.

В техническом творчестве школьников в настоящее время взято направление на создание полезных для общества промышленных роботов.

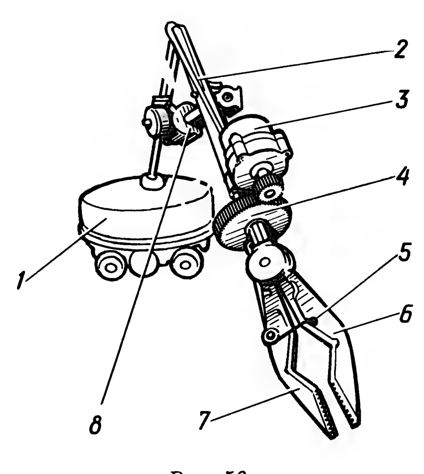
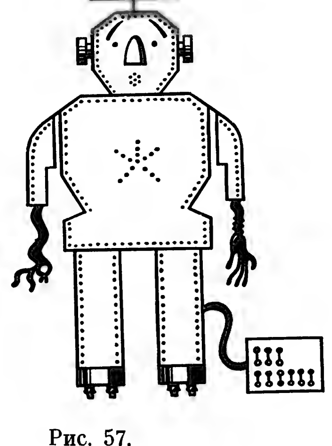


Рис. 56.


Рис. 57.

МЕХАНИЧЕСКАЯ «РУКА»

Механическую «руку» (рис. 56) изготовили учащиеся Подмосковья. Рука робота *2* укреплена на самодвижущейся тележке *1*. Управляют рукой и тележкой с пульта. Рука управляется дистанционно и предназначена для работы в токсических средах.

Массивный схват имеет два пальца. Ими он берет предметы массой 5—10 кг. Один из пальцев (*7*) подвижный. Пружина внутри схвата заставляет его отходить от другого, неподвижного пальца *6*. При этом схват раздвигается. Таким образом, схват берет предмет, перемещая при этом подвижный палец, который приводится в движение электродвигателем *8*, укрепленным на руке. Один конец троса крепится к штырю *5*, другой — намотан на барабане, вращающемся от электродвигателя *3* и зубчатого колеса *4*. Схват поворачивается на угол 270° с помощью электродвигателя *8*.

Конструкция создаваемой механической руки, ее габариты и грузоподъемность будут зависеть от назначения и выполняемых ею функций на производстве. Поэтому мы и ограничиваемся лишь общим видом руки и не приводим рабочих чертежей деталей, не описываем характеристик электродвигателей, не даем электрическую схему дистанционного управления.

РОБОТ-ЗАТЕЙНИК

Собравшиеся на концерт ребята удивлены... На сцене робот-конферансье (рис. 57) *. Он двигает ногами, руками, объявляет программу и отвечает на вопросы.

---

* Изготовлен в Московской средней школе № 67.

Туловище робота коробчатого типа, изготовлено из листового дюралюминия толщиной 2 мм. Толщина туловища 200 мм. Двигается и поворачивается при помощи электродвигателя РД-9 с редукторами, установленными на каждой ступне. Электродвигатели с количеством оборотов 4—8 об/мин приводят в движение одну из двух пар колес на каждой ступне. Для устойчивости в передней части ступни закреплен противовес из листовой стали толщиной 40 мм.

В туловище возле плеча укреплен узел для приведения в движение руки (рис. 58). Ось *6* электродвигателя РД-9 находится в подшипнике *5*. На ось жестко насажен эксцентрик *3*, который тягой *1* соединен с полосой *7*, одна сторона которой отогнута под углом 90°. В этой части полосы и в эксцентрике имеются штыри, на которые надевается тяга. К боковой стенке коробчатого предплечья крепится неподвижно полоса *2*. Эксцентрик при вращении воздействуют на полосу *2* и заставляет руку несколько качнуться вперед.

Во внутреннюю часть предплечья входит полоса *7*, на конце которой крепится резиновая перчатка *8* с ватой.

В «голове» робота расположен динамик мощностью в 3 ватта. Он воспроизводит слова оператора. Фигурно расположенные на «лице» отверстия как бы образуют рот. За отверстиями в туловище расположен микрофон.

Вместо глаз — лампочки. Электромагнитное реле периодически размыкает электрическую цепь питания лампочек, создает впечатление мигающих глаз.

Управляют роботом со щита, расположенного в соседней комнате. На щите — 9 ручек переключателей типа ЗППН (с нейтральным положением).



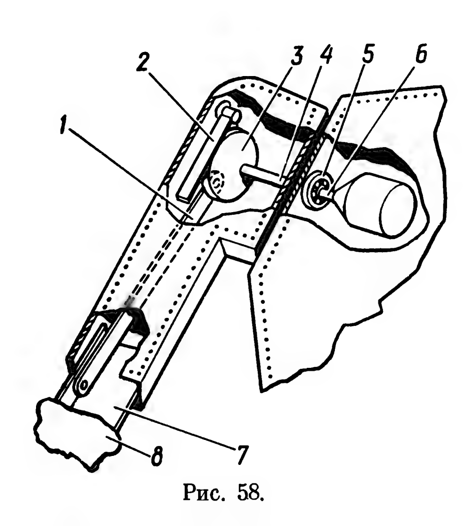
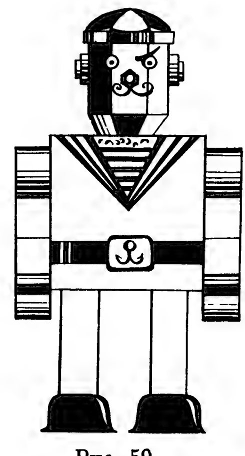


Рис. 58.


Рис. 59.

Один переключатель необходим для включения общего питания щита, два других — для включения правой и левой ног. Чтобы робот повернулся, надо включить один из двигателей. Например, при правом повороте включается двигатель левой ноги. Еще одна пара переключателей помогает управлять движением рук. Один из переключателей предназначен для управления электродвигателем головы, робот поворачивает голову в разные стороны. Остальные три переключателя — для включения электродвигателя поворота антенны, для включения микрофона и усилителя.

РОБОТ «МОРЯК»

Члены судомодельного кружка станции юных техников г. Кременчуга изготовили электромеханический робот (рис. 59).

Маленькими шагами, двигая руками, с горящими глазами и светящейся красным светом головой «моряк» передвигается по плоской дороге, как по палубе корабля. Из коробочного туловища раздаются звуки жужжащего механизма.

Рост робота — 230 мм, голова и туловище у него — из жести, руки деревянные. Состоит он из двух основных частей: верхней *2* (голова, туловище и руки) и нижней *1* (ноги, двигатель с механизмом движения ног и рук) (рис. 60). Обе части соединены между собой четырьмя винтами. Источник тока — две батарейки *3*, закрепленные внутри туловища пружинными пластинками. В голове вмонтированы два патрона с электролампочками на 4,5 В. Управляют роботом при помощи переключателя (тумблера) *4*.

Механизм передвижения робота простой. Все детали крепятся к плате — основанию *6* (рис. 61). На плате закреплен механизм *4* от часов-ходиков. Механизм состоит из четырех пар зубчатых цилиндрических передач. Он передает вращательное движение от микроэлектродвигателя *1* к коленообразной оси *3*. Концы оси, сое-

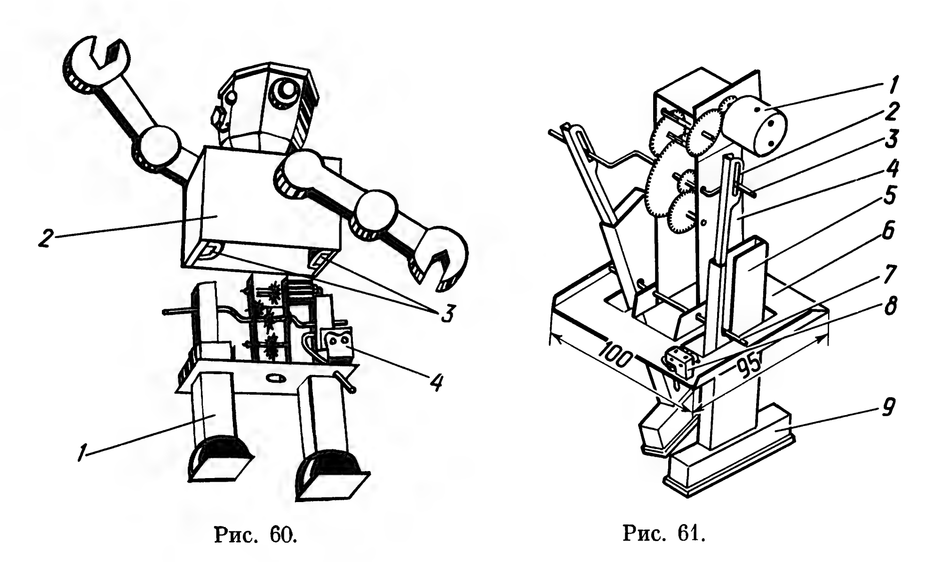


Рис. 60. Рис. 61.

диняясь с деталями ног, заставляют их двигаться. Планки *2* качаются на оси *7*. Так как оба конца коленообразной оси входят в вырезы планок *2*, то они своими противоположными концами заставляют передвигаться то правую, то левую ногу. Через пару нижних отверстий в планке *2* проходит ось *10* (рис. 62), которая и соединяет ее со стопой ноги. Детали *9*, *10*, *11*, *12*, *13*, изображенные на рисунке 62, образуют стопу.

На каждой стопе — два колеса *14*. Они крепятся на оси *10*, вставленной в отверстия детали *13*. Два других отверстия в этой же детали, расположенные близко друг к другу, служат для осей *10*, которые соединяют детали *5* и *2*. Деталь *11* винтами крепят к башмаку, т. е. к детали *9*. Все детали изготовлены из Ст. 3.

На внутренней части плеча руки укреплена ось. Рука своей осью вставляется в соответствующее отверстие в туловище. Затем на ось насаживают вилку *12* с внутренней части туловища. При сборке верхней и нижней части робота нужно следить, чтобы концы коленообразной оси одновременно вошли в вырезы вилок *12*.

Электрическая схема робота дана на рис. 63. Управляют роботом при помощи переключателя *8* (рис. 61). При включении электрическая цепь лампочек замыкается и загораются глаза. Микроэлектродвигатель через передаточный механизм приводит в движение руки и ноги робота.

ШАГАЮЩИЙ РОБОТ

Шагающий робот (рис. 64) — это самодвижущаяся тележка. У него две ноги, которыми он совершает человекоподобные движения, поочередно выставляя вперед то правую, то левую ногу. Его резиновым стопам не страшны небольшие дорожные неровности и рыхлая почва, пески и лужи. В передней части тележки

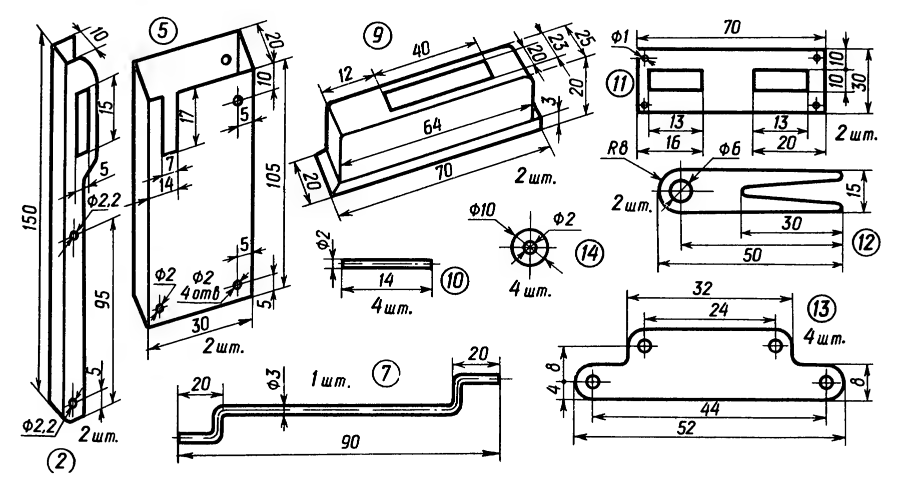


Рис. 62.

под капотом *3* из органического стекла размещен узел привода (движения двух ног). Задняя ходовая часть *6* колесная. В кузове *5* размещены элементы питания (две батареи). Включается робот с помощью переключателя управления *4*. При этом замыкается электрическая цепь микроэлектродвигателя *2*, на выходном валу которого закреплен червяк *1*. Вращение от червяка передается зубчатому колесу *13*, укрепленному на валу *12* (передаточное число равно 10). Вал передает движение на две шагающие ноги *10*. Для того чтобы это движение стало сложным, понадобится механизм (рис. 65) *, состоящий из металлических планок *11*, *14*, *15*, *16*, *17* и *18*. Планку *11* одним концом насаживают на вал *12*, а другим — соединяют с планкой *14*. Планка *18* (средняя) крепится на подвижной оси к планкам *14*, *15*, *16* и *17*. Две планки механизма *16* и *17* насажены на оси *8* и *9*.

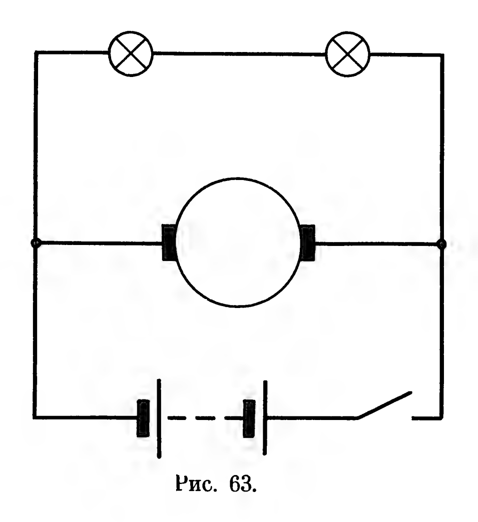


Рис. 63.

К планке *14* нужно присоединить ногу робота *10*. Нога состоит из алюминиевой пластинки и резиновой стопы. Сбоку прикреплена пластинка *7*, закрывающая механизм движения ноги. Такая же пластинка находится и на второй стороне.

---

* Использован принцип работы четырехзвенного механизма П. Н. Чебышева.

Некоторые технические данные: длина шага — 40 мм, скорость вращения вала 12—12,5 об/мин, тип двигателя — МЕ-1П или ДСД-П1, источник тока — батарея на 9 В. Все детали и узлы собраны на раме из оргстекла.

ПРОМЫШЛЕННЫЙ РОБОТ — РУКАМИ УЧАЩИХСЯ

В октябре 1977 г. в Киеве проходила городская выставка технического творчества учащихся технических училищ. Всеобщее внимание посетителей привлекли экспонаты, изготовленные учащимися ГПТУ № 2. Станок с программным управлением, автомат-контролер и другие изделия, отличающиеся оригинальными конструкторскими решениями и умелым изготовлением. На этой выставке был представлен промышленный робот — результат многих месяцев работы этого творческого коллектива.

Модель промышленного робота является учебным наглядным пособием для демонстрирования погрузки, выгрузки, установки и снятия заготовок и деталей с обслуживаемого технологического оборудования (при механической обработке, прессовании, литье и т. д.). Используется на производстве для механизации и автоматизации вспомогательных операций.

Общий вид промышленного робота показан на рис. 66. Он состоит из трех основных узлов: механической руки *3* с захватным устройством и механизмами, обеспечивающими ему универсальность движения, приборного шкафа *2* с аппаратурой управления и программного устройства *1*.

На коробчатом основании *1* (рис. 67) укреплена механическая рука *2*, которая своим схватом *3* берет заготовку в виде болта с цилиндрической головкой из наклонного желоба *4* и подает ее к сверлильному станку *5*. По окончании операции сверления на-

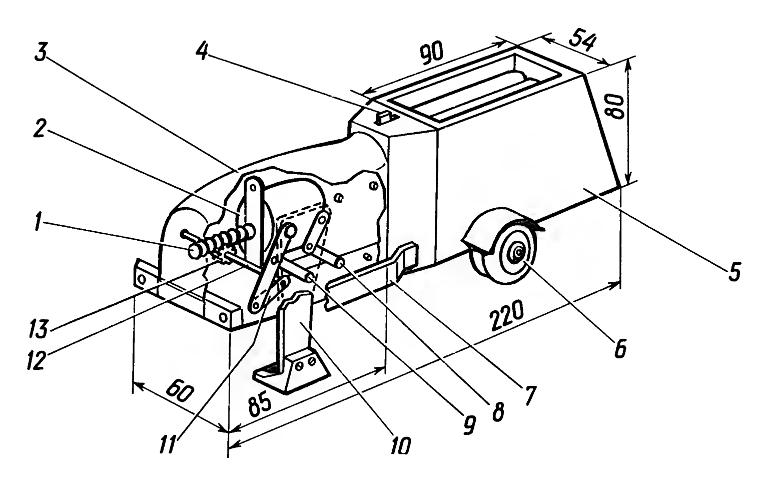


Рис. 64.

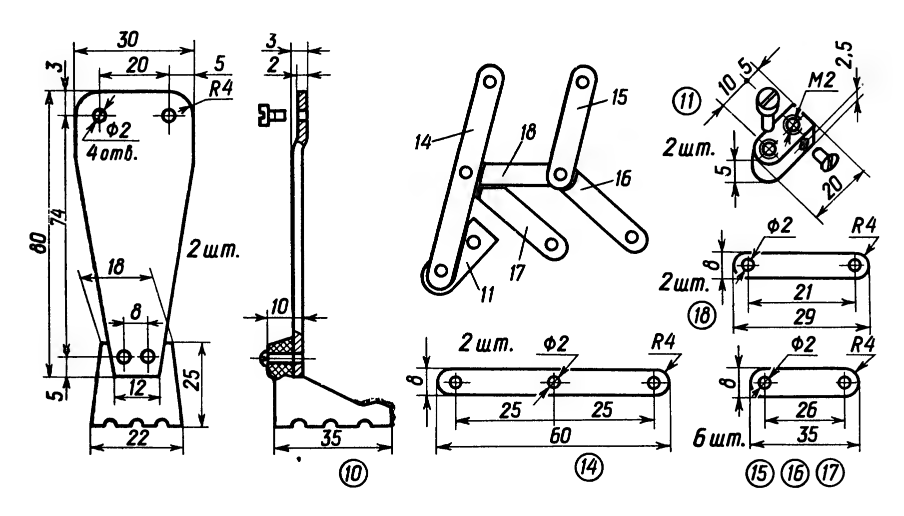


Рис. 65.

правляет заготовку в лоток *6*. Механическая рука может совершить круговую, вертикальную и горизонтальную подачи. Приводами каждой такой подачи являются электродвигатели РД-09, сочлененные упругими муфтами с винтовыми механизмами подач.

Захватное устройство *3* представляет собой рычажный механизм. Два пальца *4* (рис. 68) расходятся под действием спиральной пружины *3*. Концы пальцев свободно посажены на штыри *2* металлической неподвижной пластины *1*. Сжиматься пальцы заставляет утолщенная часть *5* штока *6* при движении влево. При подаче электрического тока на индуктивную катушку *8* сердечник *7* втягивается и шток *6* утолщенной частью действует на концы пальцев, заставляя их расходиться, а противоположные концы пальцев сжиматься, захватывая заготовку. Электромагнитная катушка помещена на конце, противоположном захвату.

В коробчатом основании расположены приводы круговой, вертикальной и горизонтальной подач.

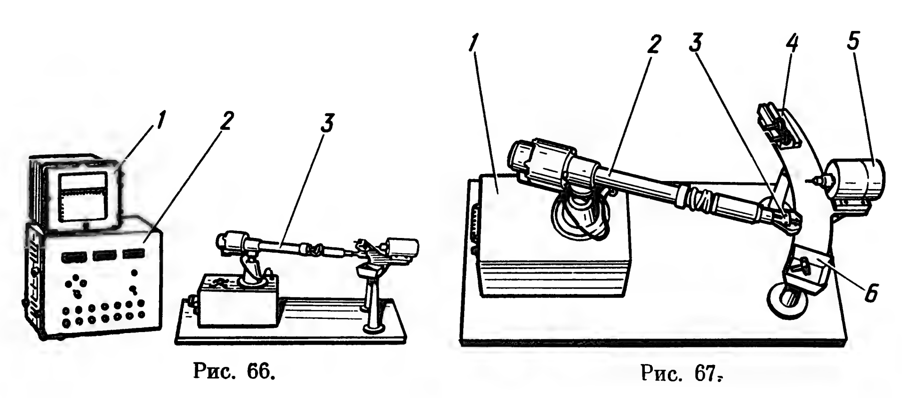


Рис. 66.

Рис. 67.

Принципиальная электрическая схема представлена на рис. 69. На ней показана взаимосвязь между отдельными элементами и вспомогательной аппаратурой.

Для сборки схемы необходимо иметь:

Обозначения на схеме	Наименование элементов и краткая характеристика	Количество, штук
TV	Трансформатор ТРС 3-01	1
M1—M5	Электродвигатели РД-09	5
C1—C5	Конденсаторы КГ-51-МИ 1 мкФ×250В	5
Fu1—Fu3	Предохранители плавкие, 5 А	3
Fu4 — Fu9	Предохранители плавкие, 1 А	6
SA1, SA2	Переключатели пакетные на 2 положения ППМ $\frac{2\text{-}10}{\text{М-3}}$	2
КП1—КП13	Кнопки управления, КЕ-011	13
EL1—EL4	Лампы сигнальные, 27 В 0,12 А	4
R1—R8	Резисторы типа ПЭВ, 1кОм, 15 Вт	8
VД1—VД4	Диоды Д2	4
ЭМ	Индуктивная катушка (параметры рассчитываются в зависимости от массы заготовки)	1
KV1—KV13	Реле на 220 В	13

После общего ознакомления с перечнем элементов, из которых собрана схема, нужно найти их на схеме, затем определить систему электропитания. Рассмотрите электропитание электродвигателей, электромагнитной катушки и реле. Изучите всевозможные цепи каждого электродвигателя, реле и т. д.

Например, электродвигатель лентопротяжного механизма *M1* питается от вторичной обмотки понижающего трансформатора *TV*. К клемным зажимам *1* и *3* присоединен конденсатор *C1*, а зажимы *2* и *4* закорочены. В цепь управления включены контакты реле *KV1* и плавкий предохранитель *Fu4*.

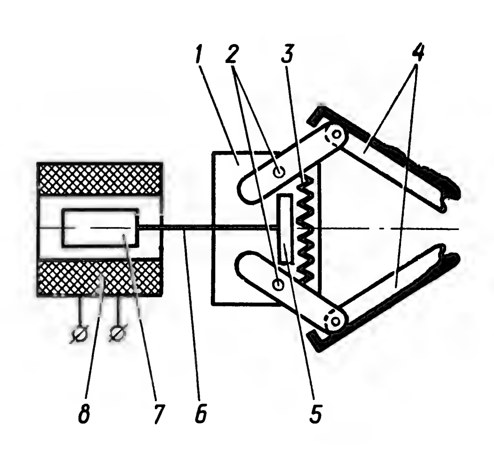


Рис. 68.

Работу можно вести в трех режимах (три положения переключателя): ручное управление, обучение робота и автоматическое управление.

При переходе на ручное управление переключатель

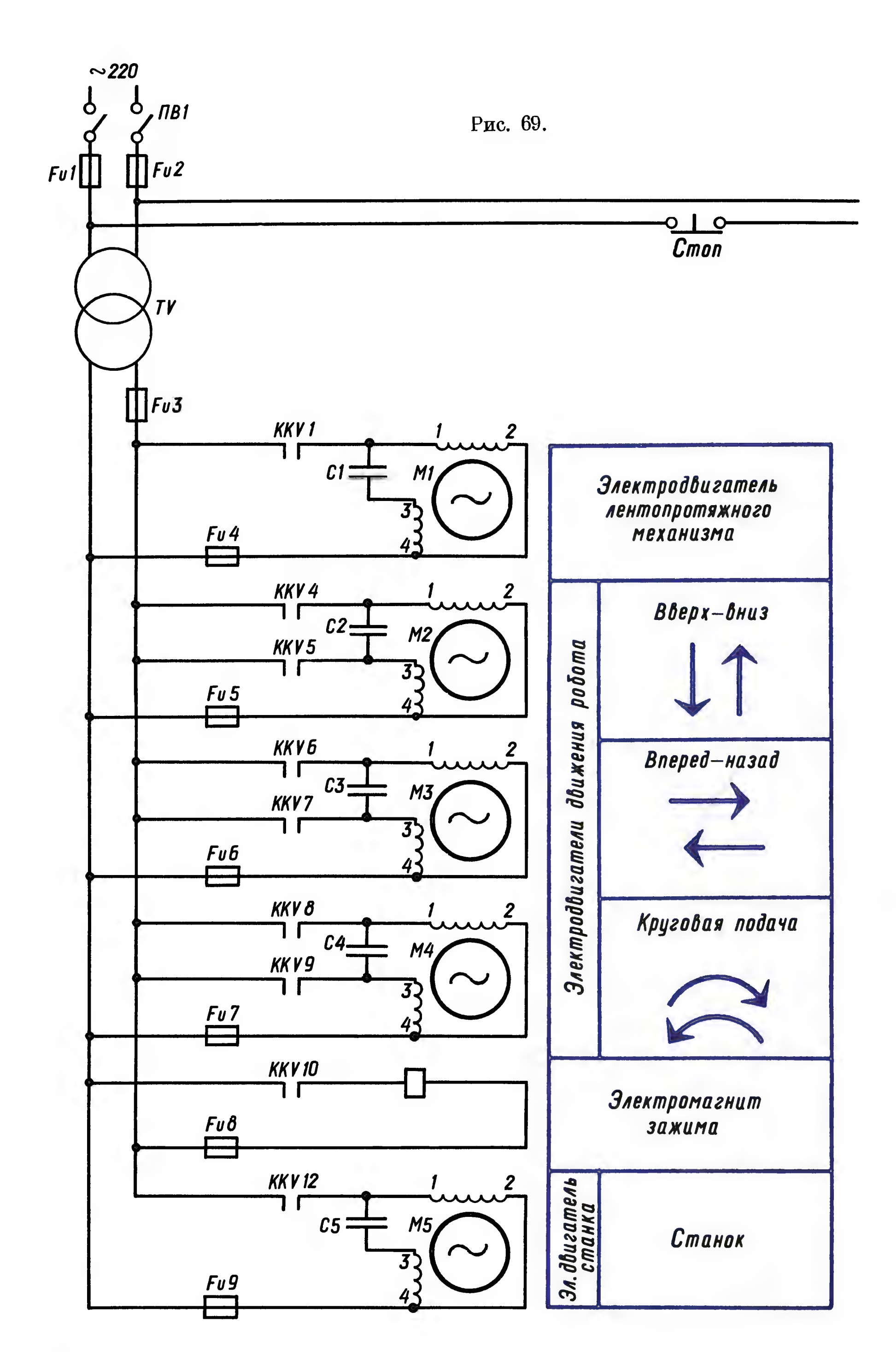
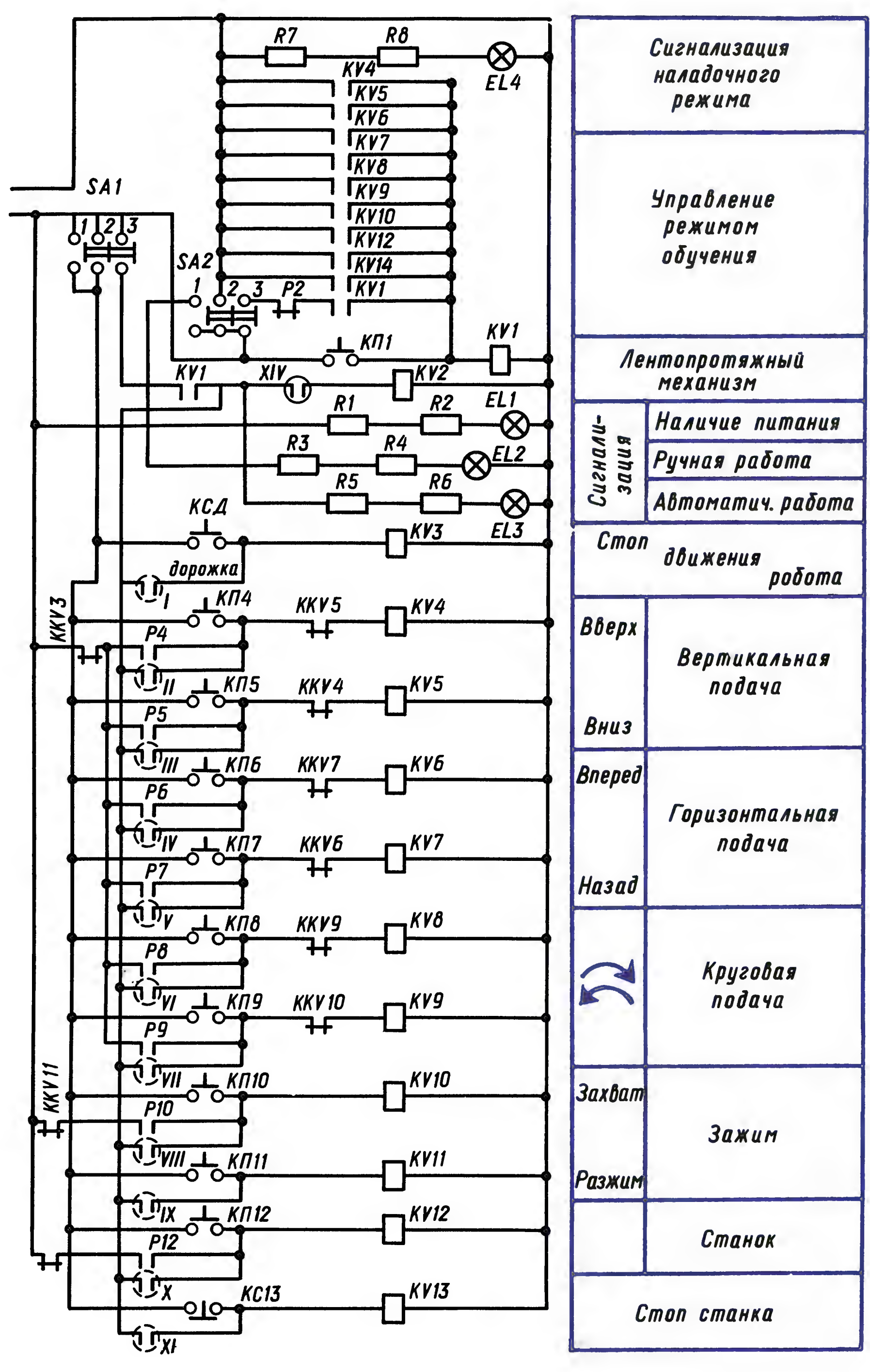

~220
ПВ1
Fu1
Fu2
Стоп
TV
Fu3
KKV1
C1
M1
Fu4
KKV4
C2
KKV5
M2
Fu5
KKV6
C3
KKV7
M3
Fu6
KKV8
C4
KKV9
M4
Fu7
KKV10
Fu8
KKV12
C5
M5
Fu9
Электродвигатель лентопротяжного механизма
Электродвигатели движения робота
Вверх–вниз
Вперед–назад
Круговая подача
Электромагнит зажима
Эл. двигатель станка
Станок

Рис. 69.



R7
R8
KV4
EL4
KV5
KV6
KV7
KV8
KV9
KV10
KV12
KV14
KV1
SA1
SA2
P2
КП1
KV1
XIV
KV2
R1
R2
EL1
R3
R4
EL2
R5
R6
EL3
КСД
KV3
дорожка
КП4
KKV5
KV4
KKV3
P4
КП5
KKV4
KV5
P5
КП6
KKV7
KV6
P6
КП7
KKV6
KV7
P7
КП8
KKV9
KV8
P8
КП9
KKV10
KV9
P9
КП10
KV10
KKV11
P10
КП11
KV11
КП12
KV12
P12
КС13
KV13
Сигнализация наладочного режима
Управление режимом обучения
Лентопротяжный механизм
Сигнализация
Наличие питания
Ручная работа
Автоматич. работа
Стоп движения робота
Вверх
Вниз
Вертикальная подача
Вперед
Назад
Горизонтальная подача
Круговая подача
Захват
Разжим
Зажим
Станок
Стоп станка

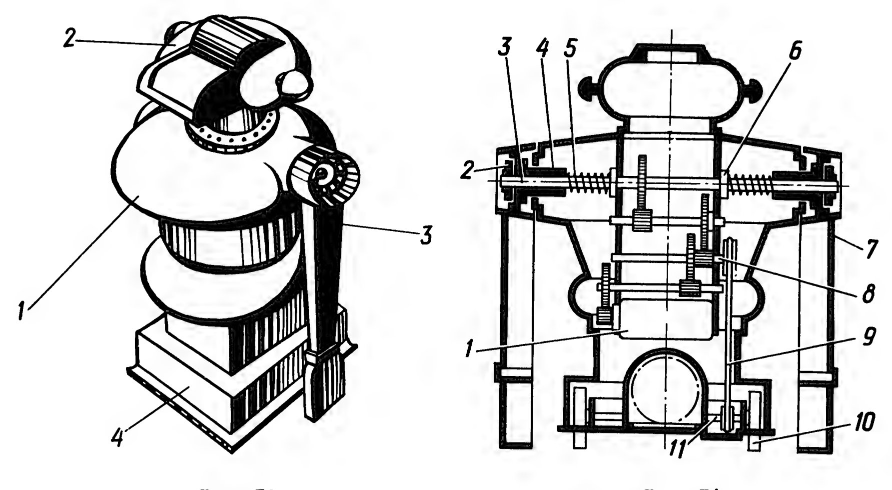


Рис. 70.

Рис. 71.

SA1 устанавливают в положение *1*. При помощи кнопки управления *КП4* управляют вертикальной подачей вверх, а *КП5* — вертикальной подачей вниз. *КП6* замыкает электрическую цепь включения горизонтальной подачи вперед, а *КП7* — горизонтальной подачи назад и т. д. Переходя на режим обучения робота (составление программы), переключатель *SA1* необходимо устанавливать в положение *2*. При нажатии кнопок управления *КП4*, *КП5*, *КП6* и т. д. включаются соответствующие механизмы и одновременно выключается лентопротяжный механизм — носитель программы. Подводя руку робота к нужным позициям по вертикали и горизонтали, размечают и набивают перфоленту.

Например, нажав кнопку *КП4*, руку робота перемещают на нужную высоту, одновременно отметив на перфоленте по второй дорожке начало движения. Когда рука достигнет этой высоты, нажимают кнопку *КСД*, отметив конец движения на нулевой дорожке. Реле *KV3* своими контактами разблокирует реле *KV4*, которое в свою очередь остановит двигатель *M1*. Далее руку перемещают в горизонтальном направлении, отмечая перфоленту для всего цикла, после чего набивают отверстия в нужных местах на бумажной ленте.

И, наконец, автоматический режим работы. Переключатель *SA1* устанавливают в положение *3*. При нажатии кнопки *КП1* включается лентопротяжный механизм, который является основным элементом программного устройства. Этот механизм расположен в специальном корпусе (использованы узлы автоматического моста). Состоит из электродвигателя РД-09, зубчатого цилиндрического редуктора, барабана и бобины, на которую наматывается бумажная лента. Вдоль барабана расположены пружинные контакты (11 шт.), которые разделены с барабаном движущейся бумажной

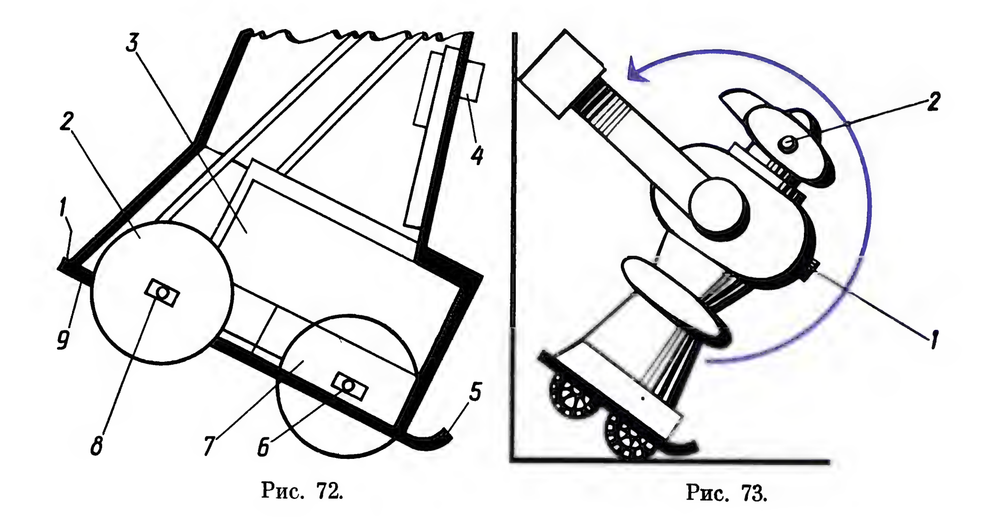


Рис. 72.

Рис. 73.

лентой. Программу работы приводов робота наносят на бумажную ленту в виде отверстий (перфорированная лента).

На принципиальной схеме контакты пронумерованы римскими цифрами от I до XI. Когда подвижный пружинный контакт соединяется с барабаном, включается электрическая цепь привода. Таким образом, команды на включение и выключение исполнительных механизмов поступают с перфоленты. Например, при замыкании контактов VII реле *KV9* замыкает контактами электрическую цепь питания электродвигателя круговой подачи.

РОБОТ-АКРОБАТ

Если хотите устроить цирк для своих маленьких друзей, возьмите в артисты робота-акробата. Он совершает смешные кувырки и забавные движения.

На рис. 70 показан общий вид робота-акробата. Высота робота 160 мм. Полое туловище *1* укреплено на подставке *4*. В верхней части оно имеет выступающие плечи с вращающими руками *3*, которые опускаются почти к нижней плоскости подставки. На туловище неподвижно сидит голова *2*. Форма ее способствует проделыванию кувырков.

Заглянем внутрь туловища. Микроэлектродвигатель посредством цилиндрических зубчатых передач приводит в движение колесную ходовую пару и ось вращения рук. Кинематику робота рассмотрим на рис. 71. Вращательное движение от микроэлектродвигателя *1* передается через четыре пары зубчатых цилиндрических передач на ось *3*, которая и приводит во вращательное движение обе руки робота. От ведущей оси *11* колесной пары *10* вращательное движение оси *8* передвигается ременной передачей *9*. Размеры деталей не указываем, ибо их подбирают.

Сборка рук *7* производится в следующем порядке. Вначале на ось *3* надевают пружину *5*, затем правую руку и укрепляют неподвижной втулкой *4*. Собранный узел присоединяют к туловищу. Для этого узел осью *3* нужно вставить в соответствующее отверстие во внутренней полости туловища, затем на ось с другого конца надеть втулку и закрепить винтом или шпонкой. Далее надевается пружина и насаживается другая рука. Рука с осью закрепляется также неподвижной втулкой *2*.

Нижняя часть подставки (рис. 72) имеет форму короба. Впереди подставки имеется острый выступ *1* для удобства отталкивания и совершения кувырков. Стопа *9* сзади оканчивается загнутым концом *5* (как у саней), чтобы тело могло опрокидываться на спину. Вращение от ременной передачи на ведущую ось *8* передается колесами *2*. На рисунке: *6* — ось неведущих колес *7*; *4* — кнопка включения робота; *3* — место для источника питания (батареи) и микроэлектродвигатель.

Перед включением робот устанавливают на полу в вертикальном положении. После включения он размахивает руками и передвигается. Если на его пути есть препятствие, например стена (рис. 73), он падает на спину, продолжая вращать руками. Упругие выступы *1* на спине (из резины) смягчают падение. В какое-то мгновение рука занимает перпендикулярное положение по отношению к туловищу, а затем, продолжая вращаться против часовой стрелки, отталкивается от пола, и робот становится на голову. Приняв положение «стойка», он падает лицом вниз. Затем с помощью рук вновь принимает прежнее вертикальное положение.

Уши *2* робота — резиновые. Туловище рекомендуется сделать сборным из нескольких секций. Материалом для подставки может быть листовая жесть, для остальных секций — древесина или оргстекло. Для изготовления головы используйте древесину. Руки коробчатые из листовой жести. Верхняя часть туловища — самая сложная в изготовлении. Поэтому, чтобы облегчить процесс сборки, желательно подобрать какую-либо готовую деталь. Утолщенную часть рук можно приклеить.



РОБОТЫ XXI ВЕКА

НАСЕЛЕНИЕ МИРА РОБОТОВ

Каким мир роботов будет через 25—30 лет? Сколько их будет к началу XXI века?

Перед «рождением» робота инженеры заботятся о предоставлении ему места в мире роботов, изучают среду его будущего обитания, подсчитывают экономическую целесообразность существования его на производстве. Изучаются технология и оборудование, средства механизации и автоматизации, условия работы обслуживающего персонала, обеспеченность кадрами и т. д.

Несомненно, мир роботов расширяет свои границы. Через 10—20 лет он неузнаваемо вырастет. В конце 60-х годов в мире было несколько десятков роботов, к началу 1974 г. мировой парк механических помощников человекам составлял уже более 10 тысяч. Сейчас промышленных и интегральных роботов около четырехсот типов. Свыше 200 зарубежных фирм занято их выпуском.

Страна	Количество роботов, тыс. шт.		
	1980 г.	1990 г.	2000 г.
США	12	25	45
Япония	18	35	60
Западная Европа	5	10	25

Как видно из таблицы, больше всех намечено выпустить роботов в Японии. Годовой выпуск составляет 2500 шт. По числу моделей роботов и объему их выпуска Япония вышла на первое место в мире. Среди западноевропейских стран роботостроение развито в Великобритании, Франции, Швеции и ФРГ.

В нашей стране парк роботов к 1976 г. превысил 500 штук. Общая потребность страны в промышленных роботах составляет несколько десятков тысяч штук. Во многих учебных и научно-исследовательских институтах развернута работа по проектированию и созданию новых моделей промышленных роботов. А это значит, что к 1981 г. резко возрастет население роботов в машиностроении и на предприятиях металлообрабатывающей промышленности. Заселят роботы и другие необжитые места, т. е. в других отраслях народного хозяйства: в строительной, пищевой, легкой промышленности. И несомненно, их будут десятки тысяч.

Среди них и роботы очувствленные, и интеллектуалы. Границы мира роботов определяются научно-техническим прогрессом. Темпы роботостроения в нашей стране и странах социализма определяются не только необходимостью повышения производительности труда, как в капиталистических странах, но, главным образом, заботой Коммунистической партии и Советского правительства о здоровье, технике безопасности и улучшении условий труда советских людей.

МИНИ-РОБОТЫ

Промышленные роботы в будущем уменьшат рост и вес, превратятся в мини-роботов. Возможно, у них будет не одна рука, а несколько. Многорукий помощник сможет производить несколько человекоподобных движений, обладая большими кинематическими возможностями. И, конечно, промышленный робот приобретет глаза, память и возможность выполнять логические операции, тем самым вступит на высшую ступень своего развития. Тенденция к созданию мини-роботов уже определилась в наши дни.

Ученые Венгерской Народной Республики создали робот с удивительными способностями. У него есть «мозг» (ЭВМ), но нет головы, есть «руки» (манипуляторы с восемью щупальцами), но нет туловища. Глаза робота — лазер. Лучом он ощупывает предмет в трех измерениях, определяет его форму, т. е. составляет характеристику. Робот обладает способностью не забывать предмет, один раз увидев, он может отыскать его среди множества других. Ученые считают, что за такими роботами будущее, и продолжают работать над их созданием и усовершенствованием.

КЕМ БЫТЬ РОБОТУ?

Массовыми профессиями роботов будут: подсобник у станка, упаковщик и контролер, сборщик, уборщик мусора, истопник и полотер, чистильщик обуви и мойщик окон, экскурсовод и водитель поезда, робот-медсестра и робот-кассир, электросварщик, грузчик, курьер и т. д. Появятся роботы «исследователи» и «проектировщики». Первые будут исследовать среду, в которой не может присутствовать человек, а вторые будут нужны для автоматизации процессов проектирования объектов и систем. Со временем роботы приобретут новые профессии. Ведь некоторые профессии, в силу монотонности и нетворческого характера труда, становятся неинтересными современному человеку. Так, уже сейчас в сфере обслуживания и в промышленности ощущается нехватка рабочей силы. Это еще один фактор, обуславливающий ускорение темпов роботостроения.

НА ПРОИЗВОДСТВЕ ТОЛЬКО РОБОТЫ

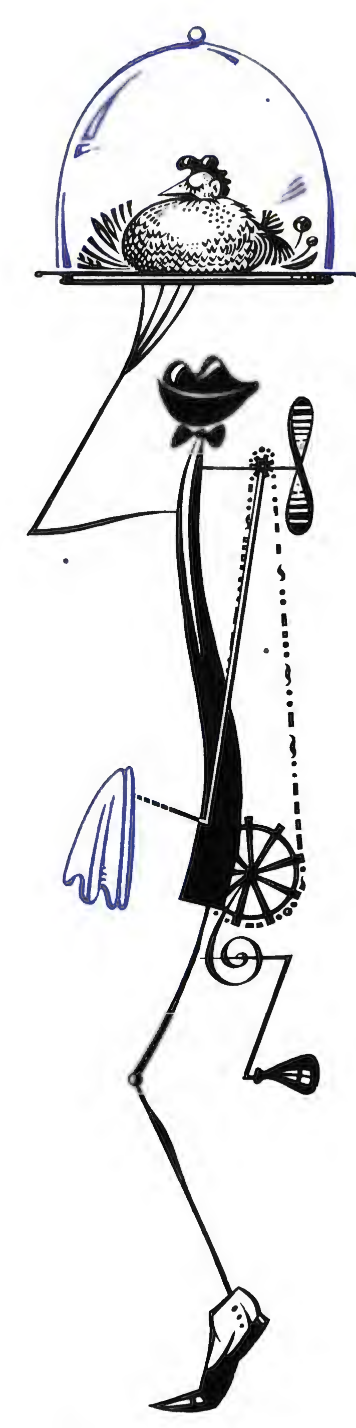


Промышленные роботы на современных предприятиях овладели рядом профессий и выполняют простые транспортные, технологические и контрольные операции. Очувствленным роботам с искусственным интеллектом поручено выполнять более ответственные и сложные операции. Они могут быстро переналаживаться с выпуска одного вида продукции на другой. Сейчас работают на производственных участках группы роботов. Каждый выполняет свою операцию. От темпов и качества работы каждого зависит производительность труда и безопасность людей. Возникла необходимость контролировать робота. Кто это может лучше сделать? Видимо тот, кто общается с роботом на одном языке, а именно: проверять работу должен робот. Робот-руководитель будет иметь способности к управлению, обладать богатым внутренним миром и опытом. Он будет интеллектуален.

В память роботу-руководителю будет заложено задание, в соответствии с которым он будет управлять поведением роботов-исполнителей; манипуляционных, информационных и пр. Кроме того, он сможет управлять средствами механизации и автоматизации на предприятиях.

Роботы в будущем будут работать не в одиночку или небольшими группами, как в 70-х годах, а производственными коллективами.

Предприятия с промышленными роботами и роботами-администраторами будут созданы в первую очередь в отраслях, условия работы в которых наносят вред здоровью человека, в отраслях с максимальной механизацией и автоматизацией.



ЯЗЫК РОБОТОВ

Непрерывно совершенствуясь, роботы становятся «очувствленными» и «разумными». Их собирают в группы для замены рабочих на поточных линиях, на производственных участках. В связи с этим возникает трудность в управлении. Возможны столкновения их друг с другом при совместной работе могут также возникнуть внезапно такие обстоятельства, которые потребуют мгновенного решения. Человек может и не успеть подать роботу команду. А при групповой работе просто и не уследить. Робот понимает человека на языке программы (часто системы цифр). Только некоторые имеют слух и подчиняются голосу человека.

При групповой работе роботам необходим язык для понимания друг друга. Язык электрических импульсов — общий для всех роботов. Возможно, каждый будет иметь свою частоту, канал восприятия. Робот-руководитель, владея языком, сможет быстро прийти на помощь, принять решение в самые короткие сроки, в то время как человек этого сделать не сможет. В условиях космоса или под водой робот-руководитель в случае возникновения неисправности у одного из роботов-исполнителей, проведет обследование, установит диагноз и устранит неполадки.

РОБОТ-ОФИЦИАНТ

Прийдя в кафе, вам не надо стоять в очереди. Достаточно сесть за стол и нажать кнопку вызова официанта. Всего несколько секунд, и официант к вашим услугам. Вы поднимаете глаза и перед вами... робот. У него моргают глаза. Это сигнал к тому, что он готов принять заказ. На груди у него меню и против названия блюд кнопки. Стоит

лишь нажать на кнопку, как заказ принят. В конце меню расположена кнопка для включения робота в работу. Через 1—2 минуты робот привозит вам заказанные блюда. Две руки-щипцы ловко ставят на стол тарелки. Официант также убирает тарелки и отвозит их на посудомойку-автомат. Робот — это столик на колесах. Глаза робота — фотоэлементы, ими он просматривает стол. При нахождении предмета на столе включается устройство распознавания, а затем соответствующие механизмы рук. Схваты рук робота очувствленные, он ощущает прикосновение предметов и соответственно регулирует силу сжатия схвата.

РОБОТ НА МЯСОКОМБИНАТЕ

Для работы на мясокомбинатах создается робот-грузчик. По заданию он войдет в вагон-рефрижератор, своими мощными руками возьмет тушу, перенесет ее в холодильную камеру и уложит в штабель. Для отправки мясных туш в магазин подъедет автофургон. Робот-грузчик перенесет тушу из холодильной камеры в автомашину. Когда автофургон подъедет к магазину, автогрузчик доставит туши на прилавок.

НА КОГО БУДЕТ ПОХОЖ РОБОТ?

О внешнем виде робота спорят философы и роботостроители, психологи и механики, и все, кто занят их созданием.

Должен ли робот быть похожим на человека?

Считают, что робот, похожий на человека, располагает к себе, а робот не похожий на человека и совершающий человекоподобные движения, отталкивает от себя, вызывая у людей опасение и чувство страха. Однако внешний вид механического помощника определяется многими факторами и прежде всего — назначением. Его конструкция и габариты будут зависеть от выполняемых функций, места в поточной линии. Роботы как бы вписываются в архитектонику производственной машинно-аппаратурной системы. В таком случае они не нуждаются во внешнем подобии человеку.

Роботу, который находится в тесном и продолжительном контакте с людьми, желательно иметь человекоподобное сходство. Робот-няня, робот-водитель, робот-домашняя хозяйка будут располагать к себе, если будут иметь человекоподобный и привлекательный вид. Таким, образом, одни роботы будут иметь человекоподобный вид, другие — нет.

ЧТО БУДЕТ ЧУВСТВОВАТЬ РОБОТ?

Значительно усовершенствуется система чувств у робота и появятся новые искусственные органы чувств. Ныне система зрения робота с глазами-телекамерами имеет ряд недостатков. Информаци-



онный канал от телекамеры до ввода в ЭВМ максимально загружен. Кроме того, необходимость фильтровать информацию приводит к многократной обработке ее на разных этапах. Вместо телекамер робот приобретает глаза — миниатюрные фотоматрицы с большой плотностью фоточувствительных элементов. Вместо двух каналов зрения и последовательной обработки информации появятся сотни зрительных каналов, по которым будет организована параллельная обработка информации. Это повысит скорость ввода зрительной информации и ее обработку. В ЭВМ будут вводиться заранее выделенные признаки объектов окружающей среды, что значительно сократит время на формирование образа внешнего мира у робота.

У роботов, в зависимости от их назначения, появятся новые «технические чувства», которых нет у человека: панорамное зрение, чувствительность к радиоактивности, ультразвуковым колебаниям, вибрациям, магнитным полям и т. п.

Чтобы обезопасить робота, придумали для него «кожу» особой чувствительности (из эластичного материала). Она изменяет электрическое сопротивление при соприкосновении с любыми предметами. Стоит лишь механической руке прикоснуться к предмету, как «мозг» мгновенно будет информирован и примет меры к предохранению от столкновения с препятствием.

РОБОТ-ШАХТЕР

Робот спустится под землю и станет добывать уголь и полезные ископаемые. Человек (оператор) за пультом управления (рис. 74) дистанционно связан с роботом-шахтером, работающим под землей. Робот-шахтер — это биотехнический манипулятор, работой которого управляет оператор в

копирующем или другом режиме. А вот выбор наиболее подходящей скорости работы в зависимости от твердости породы, подача угля на общий транспортер осуществляется автоматически, без участия человека. Тысячи, десятки и сотни тысяч тонн угля добудут роботы-шахтеры.

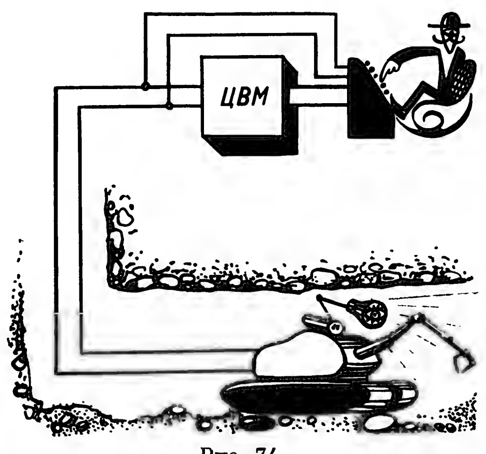


Рис. 74.

Робот-шахтер опуститься и на дно морское. И здесь ему работы много: обслуживать буровые установки по добыче нефти под водой, доставлять металлорудные шары-конкреции с морского дна на борт судна, работать в шахтах и на предприятиях по добыче полезных ископаемых и на обогатительных фабриках на морском дне. Уже сейчас 75 стран мира ведут разведку нефти на дне морей и океанов, а 40 стран ведут ее добычу. С каждым годом увеличиваются объемы нефти, добываемой со дна моря. К 2000 г. она будет составлять половину всей нефти, добываемой в мире.

На дне океана лежат металлорудные шары-конкреции — образования погибших микроорганизмов, поглощавших металлы из морской воды. Марганцем и медью, кобальтом и никелем, другими элементами богаты эти образования. В поиске конкреций, установке всасывающих устройств для доставки конкреций на борт судна будет участвовать и подводный робот.

НОВОЕ ПОКОЛЕНИЕ РОБОТОВ

Интегральный робот, как вам известно, воспринимает только заранее известные ему объекты. Однако реальный мир не статичен. Робот ведь работает в условиях, когда в поле зрения его попадают предметы и незнакомые, т. е. незакодированные, образы которых не хранятся в его памяти. В связи с этим возникает проблема, каким образом роботу научиться воспринимать и «понимать» внешний динамический мир, как выработать свой сложный план действий?

Эту проблему можно решить, создав новое поколение роботов, которое будет иметь более совершенные информационные системы восприятия внешнего мира, оригинальные системы распознавания образов, предметов и понимания непрерывной человеческой речи. Роботы четвертого поколения будут более автономны. Действуя в динамическом мире, они смогут самостоятельно запланировать свои действия с учетом внешней ситуации и внутреннего

состояния. Ученые разрабатывают новые методы, принципы, конструктивные решения. Роботостроители макетируют опытные образцы моделей. Идет наладка, испытание.

ПОДВОДНЫЙ РОБОТ-МОНТАЖНИК

Программой освоения мирового океана предусматривается сооружение на дне (до 200 м) подводных лабораторий, стационарных и передвижных жилищ для гидронавтов. Создаются проекты жилищ на глубине до 1000 м, т. е. в зоне континентального шельфа самой богатой части океана. Установка подводных сооружений связана с проведением большого объема строительно-монтажных работ. И тут уже не обойтись без подводного робота-монтажника. Он активный участник в аварийно-спасательных операциях, в прокладывании подводных кабелей, в обслуживании подводных нефтяных скважин.

Система управления роботом — человеко-машинная. Она предусматривает выполнение роботом простых операций по программе, принятие решений в зависимости от окружающей обстановки, а также выполнение сложных операций под руководством оператора. С развитием науки и техники подводный автоматизированный робот-монтажник, который работал с частичным участием оператора в управлении, превратится в автоматический с самостоятельным управлением. При этом человек будет задавать роботу лишь конечную цель. Все операции по управлению для достижения поставленной цели робот будет решать самостоятельно.

ПОДВОДНЫЙ ИНФОРМАЦИОННЫЙ РОБОТ

Информационный робот проведет комплексные исследования физики, химии, геологии и биологии океана. Подводный робот своей бортовой аппаратурой или приборами, расставленными им на дне, измерит скорость течения воды и направление, температуру, соленость, электропроводность. Возникнет целая серия информационных роботов.

Робот-геолог соберет данные о микрорельефе и структуре осадочного слоя, о составе в донных осадках микрофлоры и микрофауны, отберет пробы грунта, проведет съемку дна.

Робот-химик возьмет пробы воды на различной глубине в придонном и верхнем слоях для лабораторного анализа.

Робот-биолог изучит фауну океана в районе шельфа, склона и его ложа. Данные о скоплении и поведении рыб и ракообразных, их реакции на свет, звук, электрическое поле передаст непосредственно в лабораторию или в виде информации сообщит в вычислительно-управляющий центр.

Робот-приборист будет обслуживать измерительную аппаратуру, установленную на дне, расставит приборы, проверит их работу, а в случае необходимости заменит у них блоки.

ЖИТЕЛИ ПЛАВУЧЕГО ГОРОДА

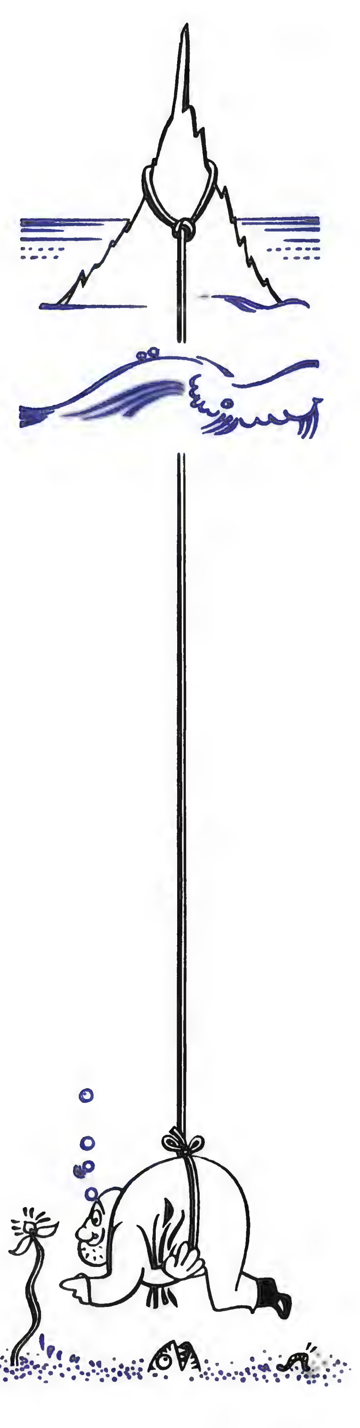
Огромные богатства таятся в море. Капля морской воды содержит чуть ли не половину всех элементов таблицы Менделеева. На каждого современного жителя планеты приходится более 3 т золота, 60 т серебра, 100 т тория и молибдена, растворенных в морской воде.

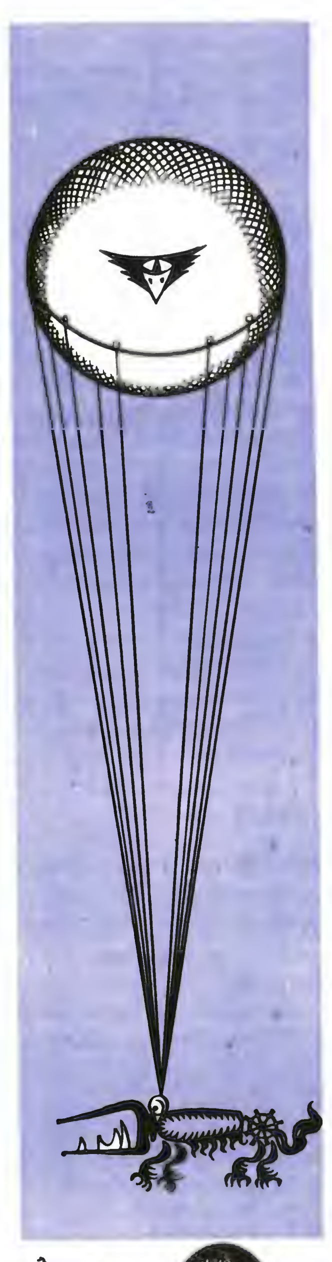
Океан — это не только кладовая полезных ископаемых, но и огромный аккумулятор энергии. Это ветры над водными просторами, разность температур между поверхностными и глубинными водными слоями, запасы водорода, подводные течения и многое другое.

Проектируется строительство электростанций, которые будут использовать разницу температур поверхностных и глубинных слоев. Одна из них будет установлена на глубине около 600 м. При строительстве не обойтись без роботов-монтажников. Им не страшны глубинное давление и длительное пребывание под водой.

На поверхности, над электростанцией раскинется плавучий город. Конструкция его модульная, каждый модуль — это автономная часть города: модуль-завод для получения водорода из морской воды, модуль-станция для получения опресненной воды. Электростанция на дне снабдит плавучий город электроэнергией. Работу по обслуживанию технологического оборудования на модулях возьмут на себя роботы.

Плавучий город — не фантазия. Он существует, но пока в проекте. Например, в Азербайджанской ССР создан макет города на сваях. Он называется «Нефтяные камни». Модель площадью 36 кв. м дает полное представление об уникальном стальном острове в море. В ней предусмотрено все, что человеку нужно для жизни.





А вот архитекторы Японии и Англии предложили осуществить проект морского города Акваграда, рассчитанного на 30 тыс. жителей. Город предполагается построить из стекла и бетона, длина города 1432 м и ширина 1006 м. В нем разместятся жилые дома, школы и общественные здания. Промышленность города использует недра голубого континента. Акваград будет построен в 25 км к востоку от побережья Англии.

В Тихом океане, возле Гавайских островов, будет построен город-поплавок. Каждая секция города будет состоять из поплавков высотой 70 м и диаметром 27 м каждый. На поплавках будут расположены помещения для жилья, хранения продуктов и пресной воды. И, конечно, электростанция, промышленное предприятие для переработки морского сырья. А черновую работу будут выполнять роботы.

ХАРАКТЕР РОБОТА

Характер — это качества человека, обусловливающие способ его поведения. Характер есть у каждого человека. Но есть ли он у робота?

Определенные черты характера проявляются уже у современного робота. Отличительными чертами его характера являются трудолюбие, дисциплинированность, исполнительность, профессиональная компетентность. К ним еще можно прибавить молчаливость.

Какими еще чертами характера мы хотели бы наделить робота? Конечно же, чтобы характер у него был мирный. Он должен быть внимательным, добрым и уравновешенным (не слишком подвижным и не медлительным).



Сможет ли он их приобрести? Научится ли он относиться с симпатией или с гневом, с безразличием или уклоняться от контактов с человеком, другим роботом или оборудованием?

Приведем лишь один пример необходимости создания робота с характером. Профессия педагога, продавца, врача и многие другие требуют владения искусством обращения с людьми. Для овладения этим искусством человеку необходимы знания теории и приобретение практических навыков. Приобрести навыки в короткое время можно будет в процессе общения с ...искусственным партнером. На вход такого устройства подаются сведения об объекте общения, закодированные числами, а на выходе ответ робота, выражающего симпатию или гнев, безразличие или уклонение от контактов.

Допустим, в будущем медицинском или педагогическом институте на практических занятиях отрабатывается культура общения врача с пациентом или учителя с учащимся. Студент, будущий врач, обращается к искусственному партнеру в различной форме, непосредственно видит реакцию робота на то или иное обращение. По реакции определяет, какая из форм приемлема для обращения с пациентами, а какая непригодна.

ПЕРВЫЙ В МИРЕ ОРБИТАЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС

В космос запущено свыше тысячи только советских искусственных спутников Земли и совершено 35 вылетов космических кораблей. Луноходы проложили первые дорожки на Луне. Космонавты прошагали не одну сотню метров по поверхности естественного спутника Земли. Автоматические станции сфотографировали и исследовали грунт Венеры и Марса. Автоматические ракеты исследуют Сатурн, Меркурий и Юпитер. Каковы следующие шаги человека в космос? На очереди строительство долговременных орбитальных станций около Земли, а затем возле других, ближайших к нам планет. По орбитальным станциям, как по ступенькам, уйдет человек в космос.

«Салют-6» — первая в мире советская орбитальная станция. К ней причаливали космические корабли «Союз-26» и «Союз-27», образуя орбитальный комплекс. В январе 1977 г. запущен автоматический грузовой корабль «Прогресс-1». Причалив к «Салюту-6», состыкованному с космическим кораблем «Союз-27», он образовал орбитальный комплекс «Салют-6 — Союз-27 — Прогресс-1». Позже к станции летали «Союз-28», ..., «Союз-35». На орбитальной станции космонавты выполняли сложную программу научных исследований и экспериментов, в частности, астрофизические и геофизические наблюдения, биологические, медицинские и научно-технические эксперименты и т. д.

Создание орбитальных комплексов — еще один шаг в освоении космического пространства.

На рис. 75 дан возможный вид одной из проектируемых орбитальных станций *1* с манипуляционным космическим роботом *2*. Робот своими двумя руками-манипуляторами производит монтажные работы на станции.

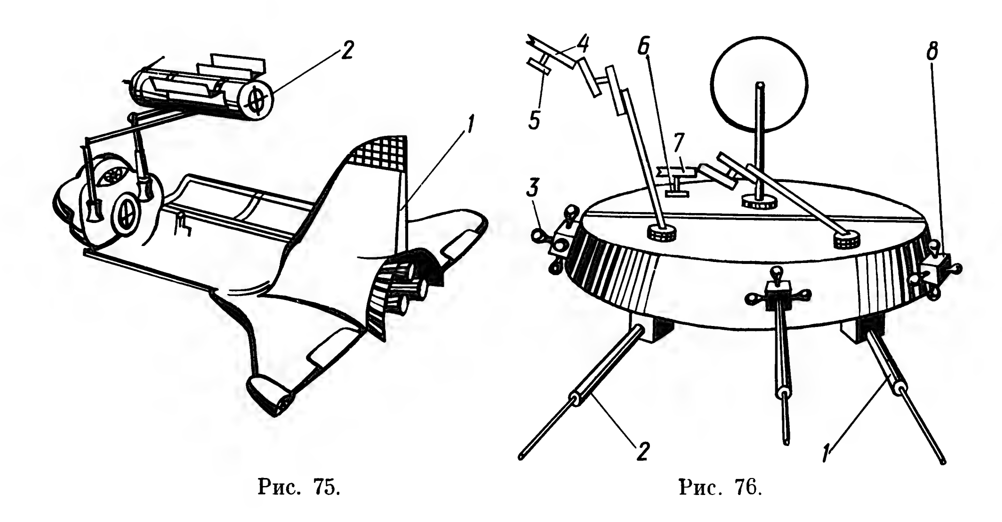


Рис. 75. Рис. 76.

В КОСМОСЕ ТЕЛЕОПЕРАТОРЫ

Построить станцию на орбите из блоков, обслужить ее и космические корабли помогут космические роботы или телеоператоры (рис. 76).

Телеоператор стыкуется со станцией или кораблем с помощью манипуляторов стыковки *1* и *2*. Механические руки *4* и *7* подвижны (8 степеней свободы) и оканчиваются схватами, способными производить различные монтажные работы. На схватах расположены телекамеры *5* и *6*, а по бокам телеоператора — двигатели ориентации и стыковки *3* и *8*. Такие же двигатели есть впереди и сзади телеоператора, что придает ему большую маневренность в космосе.

Управляют телеоператором со станции управления, установленной на космическом корабле или на поверхности исследуемой планеты. Телеоператором могут управлять также с центра управления полетов на Земле.

Работы телеоператору в космосе будет много: построить из элементов орбитальные станции, космопорт для причаливания кораблей, установить телескопы, счетчики космических частиц и солнечные батареи, перегрузить горючее и грузы с корабля на орбитальную станцию, обслуживать заправочные станции космопорта, выполнять ремонтные работы в космосе.

ПЛАНЕТОХОДЫ ПОЛЗУТ РЕШЕТКОЙ

Ученые мира работают над проектами планетоходов. Уже созданы оригинальные конструкции. Но на далеких планетах их ожидает много непредвиденного, чего не могут предусмотреть изобретатели. Риск посылки аппарата в космос слишком большой, так как изобретение и изготовление космического робота, его за-

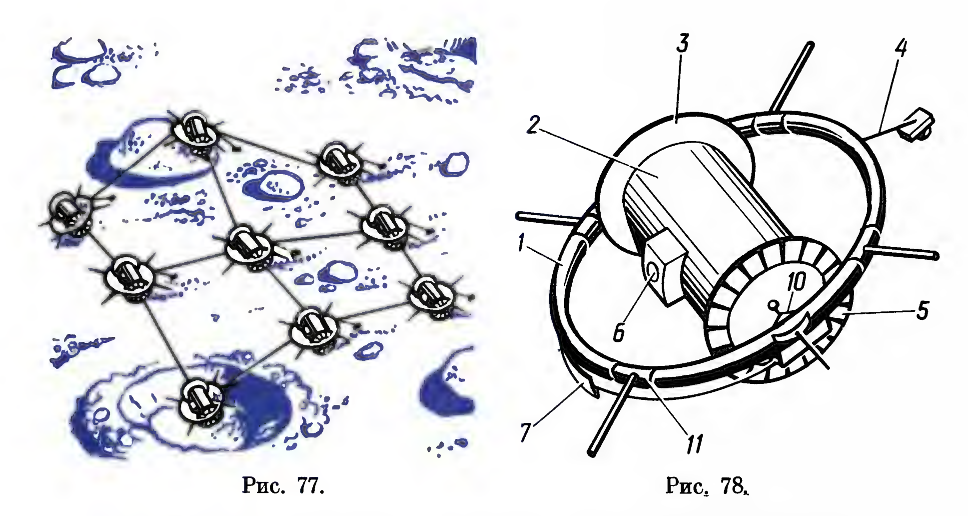


Рис. 77.

Рис. 78.

пуск, разведка на планете и возвращение на Землю обходится недешево. Как же быть? Как увеличить надежность космического робота?

И ученые обратились к природе. Вьющиеся растения тянутся к солнцу, ища опоры и опираясь друг на друга. Паук сплел паутину не только, чтобы передвигаться по ней: он использует ее как средство информации о попавшей в нее жертве. Колонии простейших организмов помогают друг другу в самовыживании.

Вот такие примеры в природе натолкнули роботостроителей на создание конструкции, выживающей в трудных и непредвиденных условиях. А что, если несколько планетоходов соединить в группу, связать их между собой конструктивно и информационно. Тогда, если из строя выйдет один элемент, т. е. один планетоход (или несколько), остальные будут продолжать путь к достижению цели.

Ученые решили создать комплекс планетоходов. Ракета доставляет на планету контейнер. По команде с Земли он открывается, и из него выкатываются планетоходы. Они развертываются на поверхности планеты и образуют решетку * (рис. 77). В решетке все планетоходы связаны друг с другом тросами. Каждый планетоход автономен, имеет свою систему управления, свою цель и систему датчиков, и в тоже время весь комплекс представляет собой самодвижущуюся систему, в которой все действия планетоходов согласованы и подчинены единой цели.

Ознакомьтесь с устройством планетохода (рис. 78). Основные его части — рама *1* (кольцеобразная труба) и вращающаяся часть *2,* внешне напоминающая катушку с нитками. На раме —

* И. Бенеш, П. Колар. Автоматическое управление комплексом движущихся планетоходов. В кн.: Труды VII Международного симпозиума ИФАК по автоматическому управлению в пространстве. М., Наука, т. 4, 1978.



четыре электролебедки для тросов, которыми планетоход связан с соседними планетоходами.

Внутри вращающейся части *2* размещены приборы и источник энергии, а также электродвигатели колес *3* и *5*, с помощью которых планетоход и передвигается.

Управляет движением планетохода ЭВМ, в которую поступают сигналы от датчиков *4* и *7*. Планетоход чувствует препятствие, воспринимает рельеф почвы и передает сигналы в ЭВМ. Глаз планетохода — оптический датчик *6*. Кроме того, у планетохода имеются датчики, измеряющие натяжение троса, температуру окружающей среды и т. д.

Каждый планетоход в комплексе чувствует соседа, т. е. получает от него информацию о местоположении и рабочем состоянии. В системе управления планетохода есть блок, который синхронизирует действия всех планетоходов комплекса. Внутри стальных тросов, которыми связаны планетоходы, имеются кабели, по которым передаются электрические сигналы.

Система управления автономного движущего комплекса построена так, что исследование окружающей среды происходит в двух координатах. Если на пути встречается непреодолимое препятствие, планетоход сам ищет выход из создавшегося положения, изменяя направление движения.

НА ВСТРЕЧУ С ВНЕЗЕМНЫМИ ЦИВИЛИЗАЦИЯМИ

Есть ли жизнь в космосе? Есть ли разумные существа на других планетах? Найти ответ на эти вопросы пытаются давно. Великий мыслитель XX в. К. Циолковский как и многие современные ученые, был убежден в обитаемости Вселенной. Какие же попытки предпринимал человек, чтобы связаться с другими мирами? 16 нояб-

ря 1974 года земляне послали первое послание внеземным цивилизациям. С 300-метрового радиотелескопа из кратера вулкана на острове Пуэрто-Рико отправлены радиосигналы на шаровое скопление звезд M13 в созвездии Геркулеса (30 000 звезд). Расстояние от земли до созвездия около 24 000 световых лет. Послание — это набор кратковременных импульсов и пауз. Космограмма закодирована в двоичной системе и содержит сведения о Земле, человеке и т. д.

Однако ни изучение неба телескопом в прошлом, ни современные методы межзвездной радиосвязи и оптической сигнализации с помощью лазеров пока не дают ответа на вопрос о существовании жизни в космосе.

Одним из способов установления контактов с внеземными цивилизациями является межзвездный перелет на летающих космических аппаратах. Познание Галактики таким способом потребует продолжительного времени — от десятков до десятков тысяч световых лет. У человека, жизни на это не хватит, а у робота хватит, он долгожитель.

В далекие космические дали на встречу с разумными существами роботы уже сегодня отправлены писателями-фантастами. Завтра мир роботов пополнится автоматами с большей продолжительностью жизни, они первыми шагнут на неведомые планеты по велению человека.

О перспективах развития робототехники известный ученый, создатель советской школы робототехники академик Иван Иванович Артоболевский сказал: «...я не сомневаюсь, что развитие и самое широкое распространение устройств с искусственным интеллектом приведет не к порабощению человека машиной и превращению его в машинного слугу, а, напротив, к невиданному расцвету человеческой личности, вся жизнь которой будет подчинена творчеству по законам красоты. И самыми верными и незаменимыми помощниками будут роботы...» *.

* * *

Читая книгу, вы сделали лишь первые шаги в интересный и удивительный мир роботов. Если заинтересовались робототехникой, продолжайте чтение соответствующей литературы и пробуйте себя в конструировании.

При изучении робота вы расширяете свои знания в области электроники и кибернетики, механики и в других отраслях науки и техники.

На вопрос: «Зачем Вы конструируете роботов?» — известный роботостроитель Б. Н. Гришин ответил: «Мне хочется сделать свой

---

* Наука плюс фантазия. М., Детская литература, 1978.

досуг и свою жизнь более полными и интересными, а еще потому, что электроника и кибернетика — интереснейшие области науки».

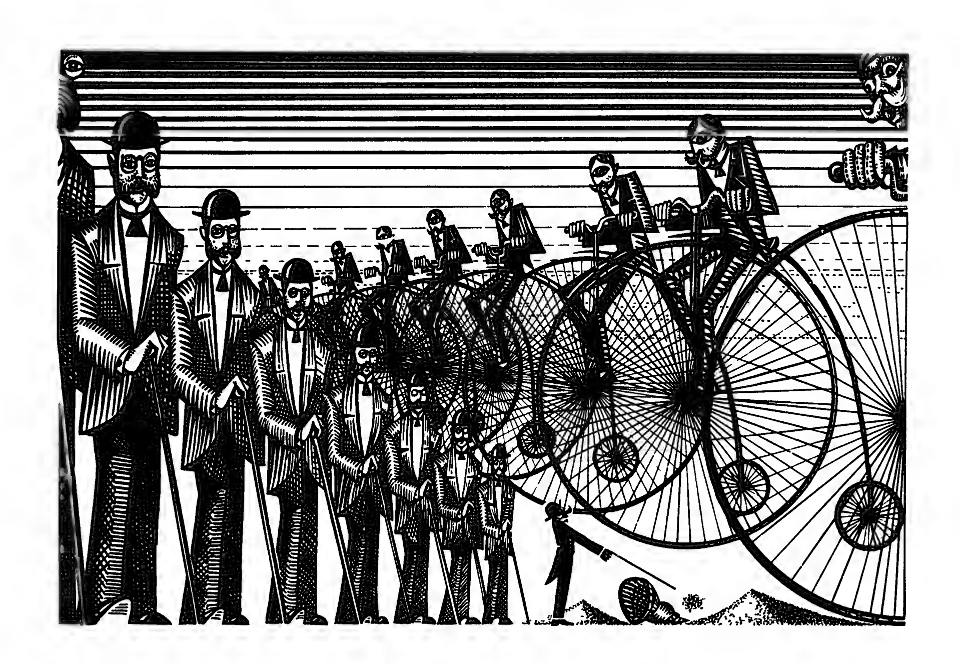
Изучение робототехники — это комплексное познание сведений из ряда быстроразвивающихся наук.

Робототроители едины в мнении, что, создавая роботов, они много познают, приобретают умения мастерить, развивают техническое мышление и свои творческие способности, и жизнь от этого становится интересней.

Мир технических помощников человека только нарождается. Впереди — широкие горизонты автоматизации все новых и новых видов деятельности человека, проникновение роботов в различные сферы жизни людей.

Конструирование роботов заставляет по-новому взглянуть на многие жизненные проблемы, открывает неограниченный простор для фантазии творчества, изобретений.

Желаю вам в этом успехов, дорогие друзья.



ОГЛАВЛЕНИЕ





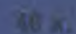
Зав. редакцией трудового воспитания
А. И. Воловиченко
Редактор *Н. Е. Зубченко*
Литредактор *Л. Ф. Фалинская*
Художеств. редактор *Г. Е. Полищук*
Обложка художника *Е. В. Корпачева*
Технич. редактор *А. Г. Фридман*
Корректоры *А. Я. Гузий, Л. В. Липницкая*

Информ. бланк № 2071.

Сдано в набор 31.01.80. Подписано к печати 22.08.80. БФ 07284. Формат 60×90/16. Бумага офсетн. № 1. Гарнитура обыкновенная новая. Способ печати офсетный. Условн. лист. 8+0,31 форз. Уч.-изд. лист. 7,96+0,4 форз. Тираж 76 000. Изд. № 25976. Зак. № 0-47.
Цена 40 к.
Издательство „Радянська школа" Государственного комитета Украинской ССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли, 252053, Киев, ул. Юрия Коцюбинского, 5. Темплан 1980 г.
Харьковская книжная фабрика „Коммунист" республиканского производственного объединения „Полиграфкнига" Госкомиздата УССР, 310012, Харьков-12, Энгельса, 11.








Радянська
школа